

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

Abnormality detector for air-fuel ratio control system

Patent Number: ☒ US 5,899,899
Publication date: 1998-12-09
Inventor(s): ISOMURA SHIGENORI (JP); DOHTA HISAYO (JP); KAWAI KATSUHIKO (JP)
Applicant(s):: DENSO CORP (JP)
Requested Patent: ☐ DE19646008
Application Number: US19960743741 19961107
Priority Number(s): JP19950289755 19951108; JP19950326661 19951215; JP19960131707 19960527
IPC Classification: F01N3/00 ; F02D41/14
EC Classification: F01N11/00, F01N11/00C, F02D41/14D1D
Equivalents:

Abstract

An inflow quantity of an exhaust gas component flowing into a catalyst is calculated based upon air fuel ratio detected by an upstream air fuel ratio sensor which is provided on the upstream side of the catalyst. In addition, an outflow quantity of an exhaust gas component flowing out of the catalyst is calculated based upon air fuel ratio detected by a downstream air fuel ratio sensor which is provided on the downstream side of the catalyst. The quantity of an exhaust gas component absorbed by the catalyst can be detected in real time based upon a difference between the inflow quantity and outflow quantity. Thus, a state of the catalyst can be precisely detected in real time.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 196 46 008.5
22 Anmeldetag: 7. 11. 96
43 Offenlegungstag: 15. 5. 97

30 Unionspriorität: 32 33 31

08.11.95 JP P 7-289755 15.12.95 JP P 7-326661
27.05.96 JP P 8-131707

71 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:

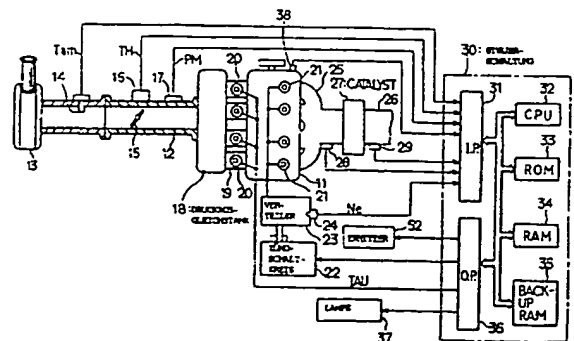
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

72 Erfinder:

Dohta, Hisayo, Kariya, Aichi, JP; Isomura, Shigenori,
Kariya, Aichi, JP; Kawai, Katsuhiko, Kariya, Aichi, JP

54 Abnormalitätsdetektor für ein Luft-Kraftstoffverhältnis-Steuerungssystem

57 Eine Einströmmenge (FL) einer in einem Katalysator (27) einströmenden Abgaskomponente wird berechnet basierend auf einem durch einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (28) erfaßtes Luftkraftstoffverhältnis, der auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) vorgesehen ist. Darüber hinaus wird eine Ausströmmenge (RL) einer aus dem Katalysator (27) ausströmenden Abgaskomponente berechnet basierend auf einem durch einen stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (29) erfaßten Luftkraftstoffverhältnis, der auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) vorgesehen ist. Die Menge (CATAL) einer durch den Katalysator absorbierten Abgaskomponente kann in Echtzeit erfaßt werden basierend auf einer Differenz zwischen der Einströmmenge (FL) und einer Ausströmmenge (RL). Folglich kann ein Zustand des Katalysators (27) präzise in Echtzeit erfaßt werden.



Die Anmeldung nimmt die Priorität der älteren Japanischen Patentanmeldung Nr. 7-289755, angemeldet am 8. November 1995, Nr. 7-326661, angemeldet am 15. Dezember 1995 und Nr. 8-131707, angemeldet am 27. Mai 1996 in Anspruch, deren Inhalte jeweils zum Gegenstand dieser Anmeldung gemacht werden.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich demzufolge auf einen Abnormalitätsdetektor für ein Luft-Kraftstoff-verhältnis-Steuerungssystem, der den Zustand eines Katalysators zur Reinigung von Abgasen basierend auf Ausgabewerte von Kraftstoffverhältnis-Sensoren erfaßt, die jeweils auf den stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seiten des Katalysators angeordnet sind und ferner den Zustand der Luft-Kraftstoffverhältnis-Sensoren erfaßt.

Zur Erfassung des Verschlechterungsgrades eines Katalysators bezüglich der Abgasreinigung lehrt die Japanische ungeprüfte Patentanmeldungsoffenlegungsschrift Nr. Hei 6-17640 eine Sättigungsabsorptions-Mengen-erfassungsvorrichtung für einen Katalysator. Bei dieser Erfassungsvorrichtung wird die Kraftstoffeinspritzquantität (angestrebtes Luftkraftstoffverhältnis) durch eine vorbestimmte Korrekturquantität kontinuierlich für eine vorbestimmte Zeit variiert, so daß das Luftkraftstoffverhältnis des Abgases einen fetten oder mageren Bereich annähert, bis der Ausgangswert eines Luftkraftstoffverhältnissensors, der auf der stromabwärtigen Seite eines Katalysators angeordnet ist, ein Sättigungsbestimmungsniveau erreicht hat. Eine gesättigte Absorptionsquantität (maximale Absorptionsquantität) eines Katalysators wird berechnet basierend auf der Korrekturquantität für eine Kraftstoffeinspritzmenge und einer Zeitdauer, wobei die Korrektur der Kraftstoffeinspritzmenge durchgeführt wird, wenn der Ausgangswert des Luftkraftstoffverhältnissensors, welcher auf der stromabwärtigen Seite angeordnet ist, das Sättigungsbestimmungsniveau erreicht hat. In diesem Falle wird der Katalysator bereits gesättigt, bevor der Ausgangswert des Luftkraftstoffverhältnissensors das Sättigungs-Bestimmungsniveau erreicht. Das heißt, daß eine Zeitverzögerung zwischen der Zeit, in der der Ausgabewert des Luftkraftstoffverhältnissensors das Sättigungsbestimmungsniveau erreicht und der Zeit entsteht, in welcher die fette oder magere Komponente des Abgases, welche nicht vom Katalysator absorbiert werden kann, auf die stromabwärtige Seite des Katalysators strömt. Als ein Ergebnis hiervon kann eine maximale Absorptionsquantität des Katalysators nicht in korrekter Weise infolge dieser Zeitverzögerung erfaßt werden.

Bei einem Luftkraftstoffverhältnissteuerungssystem wird die Präzision und Genauigkeit der Luftkraftstoffverhältnissteuerung erheblich verschlechtert, wenn ein Luftkraftstoffverhältnissensor nicht in korrekter Weise das Luftkraftstoffverhältnis erfassen kann. Aus diesem Grunde ist es wünschenswert, einen Zustand eines Luftkraftstoffverhältnissensors genau zu diagnostizieren. Beispielsweise offenbart die Japanische ungeprüfte Patentoffenlegungsschrift Nr. Sho 62-225943 "ein Verfahren zur Erfassung der Abnormalität eines Sauerstoff-Konzentrationsensors". Gemäß diesem Verfahren wird eine Abnormalität eines Luftkraftstoffverhältnissensors der Begrenzungsstrombauart (Sauerstoffkonzentrationsensor) erfaßt, und zwar basierend auf der Beziehung zwischen einer angelegten Spannung und einem erfaßten Strom.

Obgleich die Fehlfunktion wie beispielsweise ein Entkoppeln (Wackelkontakt) und ein Kurzschluß eines Schaltkreises, der an einen Luftkraftstoffverhältnissensor angeschlossen ist, erfaßt werden kann, so kann jedoch in diesem Fall die Verschlechterung eines Luftkraftstoffverhältnissensors nicht erfaßt werden. Das heißt, daß selbst dann, wenn die Verschlechterung eines Luftkraftstoffverhältnissensors aufgetreten ist, ein Computer solange wie der Ausgangswert eines Luftkraftstoffverhältnissensors sich innerhalb eines normalen Bereichs befindet, einen Motor auf der Basis eines Luftkraftstoffverhältnisses steuert, das durch diesen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßt worden ist. Als ein Ergebnis hiervon kann die Präzision der Luftkraftstoffverhältnissteuerung erheblich verschlechtert werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Sensor bzw. ein Erfassungsmittel für das Erfassen der Abnormalität eines Luftkraftstoffverhältnissteuerungssystems durch Erfassen eines Zustandes eines Luftkraftstoffverhältnissensors und/oder eines Katalysators in präziser Weise zu schaffen.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Einstromquantität eines Abgasbestandteils, welches in einen Katalysator einströmt berechnet basierend auf einem Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators. Eine Ausströmquantität eines Abgasbestandteils, welches aus dem Katalysator ausströmt, wird berechnet basierend auf dem Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators. Der Zustand des Katalysators wird erfaßt basierend auf der Einstromquantität und der Ausströmquantität des Abgasbestandteils. Das heißt, daß die Quantität des Abgasbestandteils, welches von dem Katalysator absorbiert wurde, ohne Zeitverzögerung erfaßt werden kann basierend auf der Differenz zwischen der Einstromquantität und der Ausströmquantität des Abgasbestandteils. Folglich kann der Zustand des Katalysators präziser in Real- bzw. Echtzeit erfaßt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Zentralwert für ein Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite eines Katalysators ausgearbeitet basierend auf dem Ausgangswert eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors, der auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators vorgesehen ist. Darüberhinaus wird ein Zentralwert für ein Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators ausgearbeitet basierend auf dem Ausgangswert eines stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors, der auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators angeordnet ist. Ein Fehler zwischen den Zentralwerten des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite des Katalysators wird ausgearbeitet. Es wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor oder der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor abnormal ist und zwar basierend darauf, ob der Fehler sich in einem vorbestimmten Bereich befindet.

Das heißt, daß der Zentralwert für das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators und jener auf der stromabwärtigen Seite im wesentlichen gleich sind, falls der stromaufwärtige und stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor jeweils normal ist. Wenn der Fehler sich außerhalb des vorbe-

stimmten Bereich findet, wird folglich jeder der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensoren als beschädigt oder fehlerhaft bestimmt. Als ein Ergebnis hiervon kann eine Abnormalität des stromaufwärtigen Luft-Kraftstoff-Sensors oder des stromabwärtigen Luft-Kraftstoff-Sensors präzise bestimmt werden.

Diese und weitere Aufgaben, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden durch das Studium der nachfolgenden detaillierten Beschreibung, der anliegenden Ansprüche sowie der Zeichnungen ersichtlich, welche sämtlich Gegenstand dieser Anmeldung sind. Die Zeichnungen zeigen dabei:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm, welches ein gesamtes Motorsteuerungssystem gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

Fig. 2 eine Schnittansicht, die den detaillierten Aufbau eines Luftkraftstoffverhältnissensors auf der stromabwärtigen Seite eines Katalysators darstellt,

Fig. 3 die Spannungs-Strom-Kennlinie eines Luftkraftstoffverhältnissensors auf der stromaufwärtigen Seite eines Katalysators,

Fig. 4 ein Blockdiagramm für das Erklären des Steuerungsprinzips eines Luftkraftstoffverhältnissteuerungssystems,

Fig. 5 eine Flußkarte, die eine Kraftstoffeinspritzmengen-Berechnungsroutine zeigt,

Fig. 6 eine Karte für das Festsetzen eines Ziel-Luftkraftstoffverhältnisses,

Fig. 7 eine Flußkarte, die eine Luftkraftstoffverhältniszentralwert-Berechnungsroutine zeigt,

Fig. 8 eine Flußkarte, welche eine Sensor-Abnormalitätsbestimmungsroutine zeigt,

Fig. 9 eine erste Flußkarte, die eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor zeigt,

Fig. 10 eine zweite Flußkarte, die eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor zeigt,

Fig. 11A bis 11E Zeitkarten für das Erklären des Betriebs zur Bestimmung der Abnormalität des Luftkraftstoffverhältnissensors auf der stromaufwärtigen Seite gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 12 eine Spannungs-Strom-Kennlinie zur Klärung eines abnormalen Ausgangswerts des Luftkraftstoffverhältnissensors auf der stromaufwärtigen Seite,

Fig. 13 eine Flußkarte, die eine Auswahlroutine für einen abnormalen Sensor zeigt,

Fig. 14 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponenteneinströmung zeigt,

Fig. 15A bis 15E Zeitkarten, welche den Prozeßablauf für die Berechnung der Einstömung eines Abgasbestandteils zeigen,

Fig. 16 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgasbestandteilsausströmung zeigt,

Fig. 17 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Menge an einem absorbierten Magerbestandteil zeigt, Fig. 18 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Menge an absorbiertem fetten Bestandteil zeigt,

Fig. 19 eine Flußkarte, die eine Erfassungsroutine für eine Katalysatorverschlechterung (bezüglich des mageren Bestandteils) zeigt,

Fig. 20 eine Flußkarte, die eine Erfassungsroutine einer Katalysatorverschlechterung (bezüglich der fetten Komponente) zeigt,

Fig. 21A bis 21E Zeitkarten für das Erklären des Betriebs zur Bestimmung der Abnormalität des Luftkraftstoffverhältnissensors auf der stromaufwärtigen Seite gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 22 eine Flußkarte, welche eine Kraftstoffeinspritzungs-Hauptroutine zeigt,

Fig. 23 eine Flußkarte, die eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor bei dem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 24A bis 24C Zeitkarten für das Erklären des Betriebs bezüglich der Bestimmung der Abnormalität bei dem Luftkraftstoffverhältnissensor auf der stromaufwärtigen Seite gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 25 eine Flußkarte, die eine Abnormalitätsbestimmungsroutine eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bei dem dritten Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 26 eine Flußkarte, die eine Steuerungsroutine für einen stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 27 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponentenausströmung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 28 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponenteneinströmung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 29 eine Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponentenausströmung bei dem fünften Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 30A bis 30F Zeitkarten, welche den Prozeßablauf für die Mengenberechnung einer Abgaskomponente zeigen,

Fig. 31 eine Flußkarte, welche die Berechnungsroutine für eine Abgaskomponenteneinströmung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel zeigt,

Fig. 32 einen Graphen, der die Konzentration für jede Komponente gegenüber dem Luftkraftstoffverhältnis A/F des Abgases zeigt,

Fig. 33 einen Graphen, der die Konzentration einer Magerkomponente (O_2) und jener einer fetten Komponente ($Co + H_2$) gegenüber einem Absolutwert $|Luft|$ bei überschüssigem Luftverhältnis λ_{Luft} zeigt,

Fig. 34 eine kL-Karte,

Fig. 35 eine kR-Karte,

Fig. 36 eine Flußkarte, welche einen Ablauf für das Einstellen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (1) darstellt,

Fig. 37 eine Flußkarte, welche einen Ablauf für das Einstellen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (2), darstellt,

Fig. 38 eine Flußkarte, die einen Ablauf für das Einstellen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (3) darstellt,

5 Fig. 39 eine Flußkarte, welche die Berechnungsroutine für eine Abgaskomponentenausströmung zeigt,

Fig. 40 einen Graphen, der eine Konvertierungstafel für das Konvertieren der Ausgangsspannung eines stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors in ein Luftkraftstoffverhältnis RA/F darstellt,

Fig. 41 eine Flußkarte, die eine Temperaturkorrekturroutine für ein stromabwärtiges Luftkraftstoffverhältnissensorelement zeigt,

10 Fig. 42 einen Graphen, der schematisch die Korrektur der Linearitätscharakteristik der Konvertierungstafel basierend auf der Temperatur des Elements des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors darstellt,

Fig. 43 eine Flußkarte, die eine Korrekturroutine zeigt, welche durchgeführt wird, wenn die Kraftstoffzufuhr unterbrochen wird,

Fig. 44 einen Graphen, der schematisch die Korrektur der Linearitätscharakteristik einer Magerkomponente in der Konvertierungstafel darstellt, wenn die Kraftstoffzufuhr unterbrochen wird,

15 Fig. 45 eine Flußkarte, die eine Bestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnisszustand zeigt,

Fig. 46 eine Flußkarte, die eine Bestimmungsroutine für einen stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnisszustand zeigt,

20 Fig. 47 eine erste Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponenteneinströmung zeigt, welche eine Löschungsfunktion hat,

Fig. 48 eine zweite Flußkarte, die eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponenteneinströmung zeigt, welche eine Löschungsfunktion hat,

Fig. 49A bis 49F Zeitkarten, die ein Ablaufbeispiel in einer Verschlechterungsbestimmungsperiode zeigen,

25 Fig. 50A bis 50F Zeitkarten, die einen Betrieb für das Löschen bzw. Entfernen der Einstromung der Abgaskomponente zeigt,

Fig. 51 eine Flußkarte, die eine Zählroutine für das Zählen einer Frequenz zeigt, wobei ein Katalysator durch eine fette/magere Komponente gesättigt ist,

Fig. 52 eine Flußkarte, die eine Verschlechterungserfassungsroutine bezüglich eines Magerkomponentenkatalysators zeigt,

Fig. 53 eine Flußkarte, die eine Verschlechterungserfassungsroutine bezüglich eines Fettkomponentenkatalysators zeigt und

Fig. 54 eine Flußkarte, die eine Kraftstoffeinspritzungs-Zuführverzögerungsroutine zeigt.

35

(Erstes Ausführungsbeispiel)

Ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 1 bis 13 näher beschrieben. Zuerst wird mit Bezug auf die Fig. 1 der schematische Aufbau eines gesamten Motorsteuerungssystems beschrieben. Ein Luftreiniger oder Filter 13 ist in dem stromaufwärtigsten Abschnitt einer Einlaßleitung 12 eines Motors 11 vorgesehen, der als ein Verbrennungsmotor ausgebildet ist. Ein Einlaßluft-Temperatursensor 14 für das Erfassen der Einlaßlufttemperatur T_{am} ist an der stromabwärtigen Seite des Luftfilters 13 vorgesehen. Ein Drosselventil 15 sowie ein Drosselöffnungssensor 16 für das Erfassen der Öffnungsposition TH des Drosselventils 15 sind auf der stromabwärtigen Seite des Einlaßluft-Temperaturensors 14 vorgesehen. Darüberhinaus ist ein Einlaßleistungs-Drucksensor 17 für das Erfassen des Drucks PM in der Einlaßleitung 12 auf der stromabwärtigen Seite des Drosselventils 15 angeordnet. Ein Druckausgleichsbehälter 18 ist auf der stromabwärtigen Seite des Einlaßleistungs-Drucksensors 17 angeordnet. Ein Einlaßkrümmer 19 für das Zuführen von Luft in jeden Zylinder des Motors 11 ist an den Druckausgleichsbehälter 18 angeschlossen.

Einspritzvorrichtungen 20 für das Einspritzen von Kraftstoff sind an die Zweigleitungen des Einlaßkrümmers oder Verteilers 19 angeschlossen.

50 Zündkerzen 21 sind an jedem Zylinder in dem Motor 11 befestigt. Ein Hochspannungsstrom, der in einem Zündschaltkreis 22 erzeugt wird, wird an die Zündkerzen 21 über einen Verteiler 23 angelegt. Ein Kurbelwellenwinkelsensor 24 für das Erzeugen von beispielsweise 24 Pulssignalen in 720° CA (entsprechend zweier Umdrehungen einer Kurbelwelle) ist an dem Verteiler 23 vorgesehen. Eine Motorgeschwindigkeit N_e wird basierend auf Intervallen von Ausgangspulssignalen des Kurbelwellenwinkelsensors 24 erfaßt. Ein Kühlmittel-Temperatursensor 38 für das Erfassen der Temperatur Thw des Motorkühlmittels ist an dem Motor 11 befestigt.

55 Zwischenzeitlich ist eine Abgasleitung 24 (ein Abgaskanal) an einen Abgasanschluß (nicht gezeigt) des Motors 11 über einen Abgas- bzw. Auspuffkrümmer 25 angeschlossen. Ein Katalysator 27 wie beispielsweise der katalytische Umwandler Rhodium für das Reduzieren schädlicher Komponenten (wie beispielsweise Co, HC, Nox und andere) in dem Abgas ist in der Abgasleitung 26 vorgesehen. Ein stromaufwärtiger Luftkraftstoffverhältnissensor 28 sowie ein stromabwärtiger Luftkraftstoffverhältnissensor 29, der ein lineares Luftkraftstoffverhältnissignal erzeugt (Begrenzungsstrom) im Ansprechen auf das Luftkraftstoffverhältnis in dem Abgas sind auf der stromaufwärtigen sowie stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 jeweils angeordnet.

65 Der stromaufwärtige und der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 haben einen Aufbau wie in der Fig. 2 gezeigt ist. Der Aufbau wird nachstehend im einzelnen beschrieben. Die Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 sind an der Abgasleitung 26 befestigt, so daß sie nach innen in die Abgasleitung 26 vorstehen. Die Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 werden jeweils durch ein Sauerstoffkonzentrationserfassungselement 51 für das Erzeugen eines Grenzstroms entsprechend der Sauerstoffkonzentration in einem Luft-Kraftstoffverhältnis-Magerbereich oder entsprechend der Carbonmonoxid (CO) Konzentration in einem

Luftkraftstoffverhältnisfettbereich, einem Erhitzer 52, für das Erhitzen des Sauerstoffkonzentrationserfassungselements 51 von dessen Innenseite her, einer Abdeckung 53 für das Abdecken des Sauerstoffkonzentrationserfassungselements 51 und einer großen Anzahl von kleinen Bohrungen oder Löchern 54 gebildet, durch die das Abgas strömt und die in der Abdeckung 53 durchgehend ausgebildet sind.

Mit Bezug auf die Fig. 3 wird als nächstes die Spannungs-Strom-Kennlinie der Luftkraftstoffverhältnissen- 5 sensoren 28 und 29 beschrieben. Wenn die Luftkraftstoffverhältnissen- sensoren 28 und 29 bei einer Temperatur von T1 betrieben werden, dann sind sie stabil, wie durch eine Kennlinie L1 dargestellt wird, die in Fig. 3 als durchgezogene Linie abgebildet ist. In diesem Fall zeigt der geradlinige Abschnitt der Kennlinie L1, der parallel zu einer Spannungsachse V ist, den Grenzstrom. Der Grenzstrom erhöht oder verringert sich in Abhängigkeit von dem 10 Luftkraftstoffverhältnis im Abgas. Das heißt, daß wenn das Luftkraftstoffverhältnis mager ist, dann erhöht sich der Grenzstrom, wobei auf der anderen Seite dann, wenn das Luftkraftstoffverhältnis fett ist, dann verringert sich der Grenzstrom.

Mit Bezug auf diese Spannungs-Strom-Kennlinie stellt ein Bereich der Spannung unterhalb der Spannung des geradlinigen Abschnitts, der parallel zu der Spannungsachse V ist, ein widerstandsdominierender Bereich dar. Der Gradient der Kennlinie L1 in dem widerstandsdominierenden Bereich wird durch den inneren Widerstand 15 einer festen elektrolytischen Schicht der Luftkraftstoffverhältnissen- sensoren 28 und 29 bestimmt. Der innere Widerstand der festen Elektrolytschicht verändert sich in Abhängigkeit von der Temperatur. Wenn folglich die Temperatur des Sauerstoffkonzentrationserfassungselements 51 verringert wird, dann wird der Gradient der Kennlinie L1 infolge der Verringerung des inneren Widerstands reduziert. Das heißt, daß wenn die Temperatur T des Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselements 51 T2 ist, welche niedriger als T1 ist, dann fällt die Span- 20 nungs-Strom-Kennlinie auf eine Kennlinie L2 ab, welche als Strichlinie in Fig. 3 dargestellt ist. Ein gerader Linienabschnitt der Kennlinie L2, der parallel zur Spannungsachse V ist, zeigt den Grenzstrom an. Wie in der Fig. 3 dargestellt ist, ist der Grenzstrom der Kennlinie L1 im wesentlichen gleich dem der Kennlinie L2. Wenn mit Bezug auf die Kennlinie L1 eine positive Spannung Vpos an die feste elektrolytische Schicht angelegt wird, dann wird der Strom, der in dem Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement 51 strömt auf den Strom Ipos 25 begrenzt. Wenn eine negative Spannung Vneg an die feste elektrolytische Schicht angelegt wird, dann bildet sich ein negativer Strom Ineg, der proportional lediglich zur Temperatur ist, ohne von der Sauerstoffkonzentration abhängig zu sein, welche durch das Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement 51 strömt (siehe Punkt Pb gemäß Fig. 3). In diesem Ausführungsbeispiel wird 10 auf einen Schaltkreis zur Überwachung der Temperatur der Luftkraftstoffverhältnissen- sensoren 28 und 29 verzichtet.

Die Ausgangswerte der vorstehend erwähnten Sensoren 28 und 29 werden von einem elektronischen Regel- oder Steuerkreis 30 über einen Eingangsanschluß 31 eingelesen. Der elektronische Regelkreis 30 wird im wesentlichen durch eine CPU 32, ein ROM 33, RAM 34 sowie ein Backup-RAM 35 gebildet. Der elektronische Regelkreis 30 regelt eine Kraftstoffeinspritzmenge TAU, einen Zündzeitpunkt Ig und weitere Einheiten, welche die Ausgabewerte der Sensoren benötigen (Parameter bezüglich des Motorbetriebszustandes) und erzeugt 35 Signale gemäß dem Ergebnis des Betriebs der Einspritzvorrichtung 20 und des Zündschaltkreises 22 über einen Ausgabeanschluß 36, um den Motor 11 zu steuern. Darüberhinaus führt der elektronische Steuerungsschaltkreis 30 eine Sensor-Abnormalitätserfassungsprozedur durch, welche nachfolgend beschrieben wird, um zu diagnostizieren, ob der Luftkraftstoffverhältnissen- sensor 28 oder 29 abnormal ist und gibt ein Leuchtsignal an eine Warnlampe 37 über den 30 Ausgangsanschluß 36 ab, um die Warnlampe 37 aufleuchten zu lassen und einen Fahrer hiermit 40 zu warnen, falls der Luftkraftstoffverhältnissen- sensor 28 oder 29 abnormal ist.

Als nächstes wird ein Verfahren zur Steuerung des Luftkraftstoffverhältnisses beschrieben, welches von dem elektronischen Steuerungsschaltkreis 30 durchgeführt wird.

[1] Modellieren des zu steuernden Objekts: 45

Als Modell eines Systems zur Steuerung des Luftkraftstoffverhältnisses λ eines Motors 11 ist ein autodegressives Durchschnittsbewegungsmodell ersten Grades, versehen mit einer Totzeit von $P=3$ vorgesehen. Das Modell kann durch die folgende Gleichung (1) angenähert werden:

$$\lambda(k) = a \cdot \lambda(k-1) + b \cdot \text{FAF}(k-3) \quad (1) \quad 50$$

Hierbei bezeichnet FAF ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor, "a" und "b" bezeichnet eine Modellkonstante zur Bestimmung des Verantwortungsbereichs des Modells und "k", "k-1" und "k-3" bezeichnen Sampling-Zeiten. 55

Bei der vorstehend bezeichneten Gleichung (1) kann angesichts der Störung d das Modell eines Steuerungssystems durch die nachfolgende Gleichung (2) angenähert werden:

$$\lambda(k) = a \cdot \lambda(k-1) + b \cdot \text{FAF}(k-3) + d(k-1) \quad (2) \quad 60$$

Es ist einfach, die vorstehend erwähnten Modellkonstanten "a" und "b" durch Diskretisation durch Samplen mit einer Rotationsperiode (360° CA) unter Verwendung einer Reaktion auf eine Diskontinuität zu bestimmen, das heißt eine Übertragungsfunktion G des Steuerungssystems für die Steuerung des Luftkraftstoffverhältnisses λ auszuarbeiten. 65

[2] Ein Verfahren für das Ausdrücken einer Zustandsvariablen X (jedoch bezeichnet X eine Vektorquantität). 65

Wenn die vorstehend erwähnte Gleichung (2) unter Verwendung eines Ausdrucks "eine Zustandsvariable X

$(k) = [X1(k), X2(k), X3(k), X4(k)]^T$ (T bezeichnet eine transponierte Matrix), überarbeitet wird, dann wird die Determinante ermittelt, welche durch die nachfolgende Gleichung (3) dargestellt ist:

$$\begin{bmatrix} X1(k+1) \\ X2(k+2) \\ X3(k+1) \\ X4(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1(k) \\ X2(k) \\ X3(k) \\ X4(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} FAF(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} d(k) \quad (3)$$

Die folgenden Gleichungen können von der vorstehend beschriebenen Determinante (3) erhalten werden:

$$\begin{aligned} X1(k+1) &= a \cdot X1(k) + b \cdot X2(k) + d(k) \\ &= \lambda(k+1) \end{aligned} \quad (4)$$

$$X2(k+1) = FAF(k-2) \quad (5)$$

$$X3(k+1) = FAF(k-1) \quad (6)$$

$$X4(k+1) = FAF(k) \quad (7)$$

[3] Aufbau eines Reglers

Wenn ein Regler aufgebaut wird basierend auf den vorstehend genannten Gleichungen (3) bis (7), dann wird der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF ausgedrückt durch die nachfolgende Gleichung (8) unter Verwendung einer optimalen Rückkopplungsverstärkung $K = [K1, K2, K3, K4]$ und einer Zustandsvariablen $X^T(k) =$

$$[\lambda(k), FAF(k-3), FAF(k-2), FAF(k-1)]:$$

$$\begin{aligned} FAF(k) &= K \cdot X^T(k) \\ &= K1 \cdot \lambda(k) + K2 \cdot FAF(k-3) \\ &\quad + K3 \cdot FAF(k-2) + K4 \cdot FAF(k-1) \end{aligned} \quad (8)$$

Wenn darüber hinaus ein Integralterm $ZI(k)$ für das Absorbieren eines Fehlers zu der vorstehend genannten Gleichung (8) hinzuaddiert wird, dann kann der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF durch die folgende Gleichung (9) erhalten werden:

$$FAF(k) = K1 \cdot \lambda(k) + K2 \cdot FAF(k-3) + K3 \cdot FAF(k-2) + K4 \cdot FAF(k-1) + ZI(k) \quad (9)$$

Der Integralterm $ZI(k)$ wird bestimmt durch eine Abweichung zwischen dem Ziel Luftkraftstoffverhältnis λ_{TG} und einem aktuellen Luftkraftstoffverhältnis $\lambda(k)$. Aus diesem Grunde kann eine Integrationskonstante Ka gemäß der nachfolgenden Gleichung (10) ausgerechnet werden:

$$ZI(k) = ZI(k-1) + Ka(\lambda_{TG} - \lambda(k)) \quad (10)$$

Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, welches ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem darstellt, dessen Modell gemäß vorstehender Beschreibung definiert ist. Gemäß der Fig. 4 wird der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF(k) ausgedrückt bei Verwendung des Z^{-1} -Wandlers zur Erzeugung von FAF(k-1). Jedoch wird der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF(k-1) in dem RAM 34 gespeichert und wird zum nächsten Steuerungszeitpunkt eingelesen. Vorliegend bezeichnet FAF(k-1) den letzten Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor, FAF(k-2) den zweitletzten Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor und FAF(k-3) den drittletzten Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor.

Gemäß der Fig. 4 bestimmt ein Block P1, welcher durch eine abwechselnd lang und zweimal kurz gestrichelte Linie umgeben ist, eine Zustandsvariable $X(k)$ in einen Zustand, in welchem das Luftkraftstoffverhältnis $\lambda(k)$ rückkopplungsgesteuert wird, um das Ziel-Luftkraftstoffverhältnis λ_{TG} anzunähern. Ein Block P2 betrifft einen Speicher zur Berechnung des Integralterms $ZI(k)$ und ein Block P3 berechnet einen gegenwärtigen Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF(k) basierend auf der Zustandsvariablen $x(k)$, welche durch den Block P1

bestimmt wird, wobei der Integralterm $ZI(k)$ durch den Block P2 berechnet wird.

[4] Bestimmung einer optimalen Rückkopplungsverstärkung K und einer Integrationskonstante K_a

Eine optimale Rückkopplungsverstärkung K und eine Integrationskonstante K_a kann festgesetzt werden durch Minimierung einer Bewertungsfunktion J , welche durch die nachfolgende Gleichung (11) erhalten wird:

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} [Q[\lambda(k) - \lambda_{TG}]^2 + R[FAF(k) - FAF(k-1)]^2] \quad (11)$$

Bei der vorstehend genannten Gleichung (11), minimiert die Wertefunktion J eine Abweichung zwischen dem Luftkraftstoffverhältnis $\lambda(k)$ und einem Ziel-Luftkraftstoffverhältnis λ_{TG} während der Einfluß des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors $FAF(k)$ begrenzt wird. Die Begrenzung bezüglich des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors $FAF(k)$ kann geregelt werden durch Veränderung der Werte der Parameter Q und R bezüglich des Gewichts. Aus diesem Grunde wird die Funktion wiederholt, bis eine optimale Steuerungskennlinie erhalten wird durch Verändern der Werte bezüglich der Parameter Q und R des Gewichts, um eine optimale Rückkopplungsverstärkung K und eine Integrationskonstante K_a festzusetzen.

Darüberhinaus hängen eine optimale Rückkopplungsverstärkung K und eine Integrationskonstante K_a von den vorstehend genannten Modellkonstanten "a" und "b" ab. Um daher die Stabilität (Robustheit) eines Systems gegen die Schwankung des Systems zur Steuerung des aktuellen Luftkraftstoffverhältnisses λ (die Schwankungen der Parameter) zu garantieren, ist es erforderlich, die optimale Rückkopplungsverstärkung K und eine Integrationskonstante K_a in Erwartung der Schwankung jeder Modellkonstante "a" und "b" festzusetzen. Aus diesem Grunde sollte die Simulation in Erwartung der Schwankung durchgeführt werden, welche aktuell für jede Modellkonstante "a" und "b" auftreten kann, um eine optimale Rückkopplungsverstärkung K und eine Integrationskonstante K_a festzusetzen, welche eine Stabilität des Systems erfüllen.

[1] Modellieren eines Steuerungsobjekts, [2] ein Verfahren zum Ausdrücken einer Zustandsvariablen, [3] Bestimmen eines Reglers und [4] Bestimmung einer optimalen Rückkopplungsverstärkung und einer Integrationskonstante wurden vorstehend im einzelnen beschrieben. Jedoch werden diese mit Bezug auf das Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem gemäß diesem Ausführungsbeispiel als bereits festgesetzt erachtet. Die elektronische Steuerungsschaltung steuert das Luftkraftstoffverhältnis lediglich unter Verwendung der vorstehend bezeichneten Gleichungen (9) und (10).

Als nächstes wird der Betrieb des Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystems beschrieben, welches gemäß vorstehender Beschreibung aufgebaut ist. Die Fig. 5 ist eine Flußkarte, welche eine Kraftstoffeinspritzquantitäts-Berechnungsroutine zeigt, welche durch eine CPU 32 in der elektronischen Steuerungsschaltung 30 ausgeführt wird. Diese Routine oder Unterprogramm wird alle 360° CA in Synchronisation mit der Rotation des Motors 11 durchgeführt. Wenn der Vorgang durch diese Routine gestartet wird, dann wird zuerst die Grundeinspritzquantität T_p basierend auf einem Einlaßdruck PM , einer Motorgeschwindigkeit N_e und weiteren Randbedingungen in Schritt 101 berechnet. Der Vorgang in Schritt 101 stellt ein Grundeinspritzmengen-Berechnungsmittel dar. Im nachfolgenden Schritt 102 wird bestimmt, ob die Rückkopplungsbedingung des Luftkraftstoffverhältnisses λ erfüllt ist oder nicht. Die Rückkopplungsbedingung ist erfüllt, beispielsweise dann, wenn die Temperatur Thw des Motorkühlmittels gleich oder höher ist als ein vorbestimmter Temperaturwert und der Motor 11 nicht mit einer hohen Geschwindigkeit und mit einer großen Belastung rotiert.

Wenn die Rückkopplungsbedingung vorliegend erfüllt ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 103 fort. In Schritt 103 wird ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF für das Annähern eines erfaßten Luftkraftstoffverhältnisses λ an ein Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} festgesetzt. Das heißt, daß ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF berechnet wird auf der Basis des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} und des Luftkraftstoffverhältnisses $\lambda(K)$, welches durch einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt wird und zwar gemäß der vorstehenden Gleichungen (9) und (10). Das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} wird erhalten unter Verwendung beispielsweise einer Karte, wie sie in der Fig. 6 gezeigt ist. Gemäß dieser Karte wird das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} auf ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis von 14,7 ($\lambda = 1,0$) in einem Bereich festgesetzt, in welchem der Motor 11 mit einer hohen Geschwindigkeit und einer großen Belastung rotiert und in einem Bereich, in welchem der Motor 11 mit einer niedrigen Geschwindigkeit und einer geringen Belastung rotiert. In einem mittleren Bereich wird das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} auf einen mageren Wert ($\lambda > 1,0$) festgesetzt. Der Vorgang in Schritt 103 stellt ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrektureinstellmittel dar.

Wenn zwischenzeitlich in Schritt 102 die Rückkopplungsbedingung nicht getroffen wird, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 104 fort. In Schritt 104 wird ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF auf den Wert 1,0 gesetzt. Festsetzen des Faktors FAF auf 1,0 bedeutet, daß das Luftkraftstoffverhältnis λ nicht korrigiert wird. Als ein Ergebnis hiervon wird eine sogenannte Open-Loop-Steuerung durchgeführt.

Hierauf wird in Schritt 103 oder 104 der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF festgesetzt, worauf der Vorgang zu Schritt 105 fortschreitet. In Schritt 105 wird die Kraftstoffeinspritzmenge TAU berechnet auf der Basis der Grundeinspritzmenge T_p , einem Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF und einem weiteren Korrekturfaktor $FALL$ und zwar gemäß der nachfolgenden Gleichung (12):

$$TAU = T_p \cdot FAF \cdot FALL \quad (12)$$

Hierauf wird ein Steuerungssignal entsprechend der vorstehend genannten Einspritzmenge TAU an die

Einspritzvorrichtung 20 ausgegeben. Hierdurch wird die Zeit, in der das Ventil der Einspritzvorrichtung 20 geöffnet ist (Luftstoffeinspritzzeit) gesteuert. Als ein Ergebnis hiervon wird das Luftkraftstoffverhältnis λ reguliert, so daß es das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} annimmt. Der Vorgang in Schritt 105 stellt ein Einspritzsteuerungsmittel dar.

- 5 Als nächstes wird der Vorgang zur Bestimmung ob entweder der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnis-Sensor 28 oder der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnis-Sensor 29 abnormal ist oder nicht näher beschrieben. Bei diesem Abnormalitäts-Bestimmungsvorgang werden als erstes die Zentralwerte bezüglich des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 und bezüglich des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 welche jeweils durch beide Luft-Kraftstoff-Verhältnissensoren 28 und 29 erfaßt werden, mittels einer Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert-Bearbeitungsroutine berechnet, wie sie in der Fig. 7 gezeigt ist. Der Fehler zwischen dem Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 und dem Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 wird durch eine Sensorabnormalitätsbestimmungsroutine ausgearbeitet, wie sie in der Fig. 8 gezeigt ist. Es wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 oder der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 abnormal ist oder nicht und zwar auf der Basis, ob der Fehler sich in einem vorbestimmten Bereich befindet oder nicht. Dieser Vorgang wird nachfolgend im einzelnen beschrieben.

[Berechnung eines Zentralwerts des Luftkraftstoffverhältnisses:]

- 20 Mit Bezug auf die Fig. 7 wird der Vorgang bezüglich einer Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwertberechnungsroutine zur Berechnung des Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwerts auf der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 nachfolgend näher beschrieben. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 111 bestimmt, ob der Motor 11 stetig betrieben wird oder nicht. Das heißt, es wird bestimmt, ob der Betriebszustand sowie die Belastung des Motors 11 im wesentlichen konstant sind. Ein akkurater Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert kann nicht berechnet werden, wenn der Betrieb des Motors 11 nicht stetig ist. Aus diesem Grunde wird die Routine beendet, ohne die weiteren Schritte durchzuführen. Wenn zwischenzeitlich der Betrieb stetig ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 112 fort, wo bestimmt wird, ob der Ausgangswert RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 sich in einem vorbestimmten Bereich befindet ($KRB < RA/F < KRU$; wobei KRB und KRU vorbestimmte Werte sind). Wenn der Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert nicht akkurat berechnet werden kann, falls sich der Ausgangswert RA/F außerhalb des vorbestimmten Bereichs befindet, dann wird die Routine ohne Ausführung weiterer Schritte beendet.

- Wenn zwischenzeitlich der Ausgangswert RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 sich in dem vorbestimmten Bereich befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 113 fort, wo der Durchschnittswert des Werts RA/F berechnet wird und zwar gemäß der nachfolgenden Gleichung in Schritt 114, bis in Schritt 113 bestimmt wird, daß die erste vorbestimmte Zeit verstrichen ist:

Der Durchschnittswert von RA/F = $\{RA/F(\text{aktueller Wert}) + \text{Durchschnittswert von RA/F}(\text{letzter Wert})\} / 2$

- Wenn hierauf die erste vorbestimmte Zeit verstrichen ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 115 fort. Der Durchschnittswert von RA/F, welcher in der ersten vorbestimmten Zeit erhalten wurde, wird als ein Zentralwert von RA/F gesetzt (als ein Luftkraftstoffverhältniszentralwert auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27). Hierauf werden in Schritt 116 eine obere Grenze R(+) und eine untere Grenze R(-) des Zentralwertes von RA/F jeweils berechnet und zwar entsprechend der nachfolgenden Gleichungen:

- Obere Grenze R(+) = RA/F Zentralwert + K1 (K1: Konstante)
 45 Untere Grenze R(-) = RA/F Zentralwert - K2 (K2: Konstante)

- Als nächstes wird in den Schritten 117 und 120 der Zentralwert von FA/F (ein Luftkraftstoffverhältniszentralwert auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27) berechnet auf der Basis des Ausgangswerts FA/F des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 und zwar auf die gleiche Weise wie bereits vorstehend beschrieben wurde. Das heißt, daß wenn der Ausgangswert FA/F des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 sich in einem vorbestimmten Bereich befindet ($KFB < FA/F < KFU$; KFB und KFU sind vorbestimmte Werte), dann wird der Durchschnittswert von FA/F erhalten in der zweiten vorbestimmten Zeit als ein Zentralwert von FA/F festgesetzt (Schritte 117 bis 119a und 119b). Hierauf werden in Schritt 120 eine obere Grenze F(+) und eine untere Grenze F(-) des Zentralwerts von FA/F jeweils berechnet gemäß der nachfolgenden Gleichungen wobei dann diese Routine beendet wird:

Obere Grenze F(+) = FA/F Zentralwert + K3 (K3: Konstante)
 Untere Grenze F(-) = FA/F Zentralwert - K4 (K4: Konstante)

- 60 Eine Sensorabnormalitätsbestimmungsroutine gemäß der Fig. 8 stellt ein Sensorabnormalitätsbestimmungsmittel dar. In dieser Routine wird in Schritt 121 ein Fehler (= FA/F Zentralwert - RA/F Zentralwert) zwischen dem Zentralwert von FA/F (der Luftkraftstoffverhältniszentralwert auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27) und dem Zentralwert von RA/F (der Luftkraftstoffverhältniszentralwert an der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27) berechnet. In dem nächsten Schritt 122 wird ein Absolutwert des Fehlers, berechnet in Schritt 121, mit einem vorbestimmten Abnormalitätsbestimmungswert k verglichen. Falls $|\text{Fehler}| \leq k$ ist, da der Fehler gering ist, wird bestimmt, daß sowohl der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 als auch der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 normal sind. Hierauf wird die Routine beendet.

Falls $|\text{Fehler}| > k$ ist, dann bedeutet dies, daß entweder der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28

oder der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 sich verschlechtern oder eine Fehlfunktion aufweisen. Die Ausgabe des sich verschlechternden Sensors zeigt ein inkorrektes Luftkraftstoffverhältnis an. Daher schreitet in diesem Fall der Vorgang zu Schritt 123 fort wonach ein Sensorabnormalitätserfassungsvorgang durchgeführt wird.

Die Fig. 9 und 10 zeigen eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor zur Bestimmung, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist oder nicht. Mit Bezug auf die Zeitkarten gemäß der Fig. 11A bis 11E wird zuerst ein Verfahren zur Bestimmung der Abnormalität eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 näher beschrieben.

Wenn, wie in den Zeitkarten gemäß der Fig. 11A bis 11E ein Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} plötzlich in Richtung Magerbereich zum Zeitpunkt t_1 variiert wird, dann verändert sich ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF derart, daß der Wert FAF klein wird. Wenn eine Einspritzmenge gemäß der Veränderung des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors FAF verringert wird, dann verändert sich das Luftkraftstoffverhältnis λ , welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt wird, in Richtung des mageren Bereichs. Wenn desweiteren das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} plötzlich verändert wird, dann werden jeweils Werte KCT1 und KCT2 auf einen ersten Zählwert CT1 und einen zweiten Zählwert CT2 gesetzt. Der erste Zählwert CT1 wird als eine Zeit dekrementiert, die nach einer Zeit t_1 verstreicht und der zweite Zählwert CT2 wird nach einer Zeit t_2 dekrementiert, bei welcher die Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktoren FAF auf einen bestimmten Wert konvergieren. Hierauf wird zum Zeitpunkt t_3 , in welchem der Wert des ersten Zählwerts CT1 Null ist, bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist und zwar basierend darauf, ob das Verhältnis der Variation $\Delta\lambda_{TG}$ des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} und der Variation δFAF des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors FAF sich in einem vorbestimmten Bereich befinden.

Das heißt, daß wenn der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 normal ist, weil sich ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF so eingestellt hat, daß das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis λ mit dem Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} übereinstimmt, dann ist davon auszugehen, daß ein geeigneter Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF entsprechend einer Abweichung zwischen dem erfaßten Luftkraftstoffverhältnis λ und dem Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} eingestellt worden ist. Folglich variiert ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF in Übereinstimmung mit der Veränderung $\Delta\lambda_{TG}$ des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} . Wenn jedoch ein erfaßtes Luftkraftstoffverhältnis λ nicht akkurat ist, weil der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist, dann wird kein geeigneter Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF entsprechend der Veränderung $\Delta\lambda_{TG}$ des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} eingestellt. In diesem Falle kann festgestellt werden, daß der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist.

Die Fig. 12 erläutert Ausführungsbeispiele des Ausgabewerts (Beschränkungsstrom) des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnis-Sensors 28, wenn dieser Sensor 28 abnormal ist. In Fig. 12 ist die Kennlinie bzw. die Eigenschaft des Sensorausganges, für den Fall, daß der Sensor normal ist, gezeigt durch "La", wobei die Kennlinie bzw. die Eigenschaft des Sensorausgangs für den Fall, daß der Sensor 28 abnormal ist, und zwar aufgrund der Abweichung des Sensorelements 51 oder eines Fehlers des Erhitzers 52, durch "Lb" und "Lc" gezeigt ist. Falls das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis λ den Wert "16" annimmt, dann erzeugt der Luftkraftstoffverhältnissensor 28 den Grenzstrom I_{pa} , falls der Luftkraftstoffverhältnissensor 28 normal ist, wobei dieser gleich dem aktuellen Luftkraftstoffverhältnis ($A/F = 16$) ist. Unterdessen sind die Grenzströme I_{pb} und I_{pc} , welche erzeugt werden, wenn der Sensor 28 abnormal ist, ungleich dem Grenzstrom I_{pa} , der erzeugt wird, wenn der Sensor 28 normal ist. Als ein Ergebnis hiervon kann das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis nicht erfaßt werden. Da in solch einem Zustand kein geeigneter Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF entsprechend der Änderung $\Delta\lambda_{TG}$ eingestellt wird, wird bestimmt, daß der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnis-Sensor 28 abnormal ist.

Eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor gemäß der Fig. 9 und 10 wird ausgeführt synchron zu einem Kraftstoffeinspritzbetrieb der Einspritzvorrichtungen 20. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 201 bestimmt, ob die Differenz zwischen dem aktuellen Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} und dem letzten Zielluftkraftstoffverhältnis $\lambda_{TG}(i-1)$ gleich oder größer ist als ein vorbestimmter Bestimmungswert $K\lambda_{TG}$, das heißt, ob das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} plötzlich verändert wird. Falls $|\lambda_{TG} - \lambda_{TG}(i-1)| < K\lambda_{TG}$, dann wird bestimmt, daß das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} nicht plötzlich verändert wird. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 205 fort, wobei bestimmt wird, ob der Wert des ersten Zählwerts CT1 den Wert Null erreicht hat oder nicht. Falls das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} unverändert auf dem Wert bleibt, wie vor der Zeit t_1 , wie in der Fig. 11A dargestellt wird, dann wird der Wert des ersten Zählwerts CT1 auf Null gehalten (ein ursprünglicher Wert), wobei diese Routine ohne Fortschreiten auf weitere Schritte beendet wird.

Wenn hierauf $|\lambda_{TG} - \lambda_{TG}(i-1)| > K\lambda_{TG}$ (zum Zeitpunkt t_1 gemäß der Fig. 11A), dann wird bestimmt, daß das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} plötzlich sich verändert. Der Vorgang schreitet dann zu Schritt 202, wobei ein vorbestimmter Wert KCT1 auf den ersten Zählwert CT1 gesetzt wird. Der Wert KCT1 ist ein Wert, welcher beispielsweise gleich 15maligen Kraftstoffeinspritzungen entspricht. In Schritt 203 wird das letzte Zielluftkraftstoffverhältnis $\lambda_{TG}(i-1)$ von dem aktuellen Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} subtrahiert, um die Veränderung $\Delta\lambda_{TG}$ des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} ($\Delta\lambda_{TG} = \lambda_{TG} - \lambda_{TG}(i-1)$) zu berechnen. Hierauf wird in Schritt 204 ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF zu diesem Zeitpunkt in dem RAM 34 als ein Korrekturfaktor FAFBF vor der Abweichung gespeichert.

Hierauf schreitet der Vorgang zu Schritt 211 fort, wobei der erste Zählwert CT1 um eins dekrementiert wird. In dem nächsten Schritt 212 wird bestimmt, ob der Wert des ersten Zählwerts CT1 Null ist oder nicht. Bis der Wert des ersten Zählwerts CT1 als Null bestimmt wird und zwar in Schritt 212, wird der Zählwert CT1 fortlaufend um eins in Schritt 211 dekrementiert.

Nachdem das Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} plötzlich variiert wird (und zwar nach der Zeit t_1 gemäß der

Fig. 11A), dann wird eine negative Bestimmung in Schritt 201 durchgeführt. Wenn in Schritt 205 $CT1 > 0$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 206 fort. In Schritt 206 wird die Differenz zwischen dem aktuellen Zielluftkraftstoffverhältnis λ_{TG} und dem letzten Zielluftkraftstoffverhältnis $\lambda_{TG}(i-1)$ zu dem Wert $\Delta\lambda_{TG}$ addiert, um den Wert $\Delta\lambda_{TG}$ zu erneuern. Hierauf wird in Schritt 207 bestimmt, ob der Absolutwert der Differenz zwischen dem gegenwärtigen Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF und dem letzten Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor $FAF(i-1)$ gleich oder kleiner ist als ein vorbestimmter Wert KFAF. Das heißt, es wird bestimmt, ob der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF einen bestimmten Wert annähert.

Falls $|FAF - FAF(i-1)| > KFAF$, das heißt, bevor der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF konvergiert (vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 gemäß der Fig. 11B), dann wird in Schritt 207 "NEIN" ausgewählt, worauf der Vorgang auf Schritt 208 fortschreitet. In Schritt 208 wird ein vorbestimmter Wert KCT2 auf den zweiten Zählwert CT2 gesetzt. Der Wert KCT2 ist ein Wert equivalent beispielsweise zu 15maligen Kraftstoffeinspritzungen.

Wenn unterdessen $|FAF - FAF(i-1)| \leq KFAF$, das heißt, nachdem der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF auf einen vorbestimmten Wert angenähert ist (nach dem Zeitpunkt t_2 gemäß der Fig. 11B), dann wird in Schritt 207 "JA" ausgewählt, worauf der Vorgang auf Schritt 209 fortschreitet. In Schritt 209 wird der zweite Zählwert CT2 um eins dekrementiert. In Schritt 210 wird bestimmt, ob der Wert des zweiten Zählwerts CT2 Null ist oder nicht. Falls der Wert des zweiten Zählwerts CT2 nicht Null ist, dann schreitet der Vorgang zu dem vorstehend erwähnten Schritt 211 fort. Hierauf wird der zweite Zählwert CT2, bis der Wert CT2 als Null bestimmt wird, fortlaufend in Schritt 209 um eins dekrementiert.

Wenn hierauf der Wert sowohl der Zählwerts CT1 als auch des Zählwerts CT2 Null ist (zum Zeitpunkt t_3 gemäß der Fig. 11D), dann schreitet der Vorgang zu Schritt 213 in Fig. 10 fort. In Schritt 213 wird der Korrekturfaktor FAFBF bevor die Veränderung in dem RAM 34 gespeichert wird, von dem aktuellen Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF subtrahiert, um die Abweichung ΔFAF des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors FAF zu erhalten ($\Delta FAF = FAF - FAFBF$). In dem 20 nachfolgenden Schritt 214 werden die Werte sowohl der Zähler CT1 als auch CT2 auf Null gesetzt.

Hierauf wird in Schritt 215 bestimmt, ob das Verhältnis des Absolutwerts von ΔFAF und jenes des Werts $\Delta\lambda_{TG}$ sich in einem vorbestimmten Bereich befindet (von KCGL bis zu KCGH, wobei beispielsweise $KCGL = 0.9$, und $KCGH = 1.1$). Falls ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF entsprechend der Änderung des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} variiert, wird in Schritt 215 "JA" ausgewählt. Das heißt, daß wenn der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnis-Sensor 28 ein normales Ausgabesignal entsprechend der Veränderung des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} erzeugt, dann wird ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF gemäß dem Ergebnis des normalen Ausgabesignales auf normale Weise verändert. Als ein Ergebnis hiervon ist das Verhältnis des Absolutwerts von ΔFAF und jenes des Werts $\Delta\lambda_{TG}$ nahezu eins. In diesem Fall wird der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 als normal eingestuft, wobei in Schritt 216 ein Stromauf-Abnormalitäts-Bestimmungsflag XERAF auf Null gesetzt wird und diese Routine beendet wird.

Wenn unterdessen der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF excessiv variiert oder nur schwer variiert wird und zwar entsprechend der Veränderung des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} , dann weicht das Verhältnis des Absolutwerts von ΔFAF und jenes des Werts $\Delta\lambda_{TG}$ erheblich von dem Wert eins ab. Aus diesem Grunde wird in Schritt 215 "NEIN" ausgewählt. In diesem Fall wird der stromaufwärtige Kraftstoffverhältnissensor 28 als abnormal eingestuft, wobei der Vorgang auf Schritt 217 fortschreitet, wobei bestimmt wird, ob das Stromauf-Abnormalitäts-Bestimmungsflag XERAF bereits auf dem Wert "1" gesetzt worden ist oder nicht. Falls $XERAF = 0$, dann wird in Schritt 218 "1" für den Flag XERAF gesetzt wobei anschließend die Routine beendet wird. Falls in dem nächsten Vorgang dieser Routine erneut bestimmt wird, daß der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnis-Sensor 28 abnormal ist, dann wird ein vorbestimmter Abnormalitätsvorgang in Schritt 219 ausgeführt (beispielsweise wird eine Alarmlampe 37 erleuchtet oder eine Rückkopplungssteuerung basierend auf dem erfaßten Luftkraftstoffverhältnis wird gesperrt).

Die Fig. 13 zeigt eine Sensorabnormalitätsauswahlroutine für das Auswählen welcher der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 abnormal ist. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 221 bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist oder nicht. Diese Bestimmung wird durchgeführt basierend auf dem Ergebnis der Abnormalitätsbestimmung, welche durch die Abnormalitätsbestimmungsroutine für den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor durchgeführt wird, wie sie in den Fig. 9 und 10 dargestellt ist. Das heißt, daß wenn der Stromauf-Abnormalitäts-Bestimmungsflag XERAF auf den Wert "1" gesetzt ist, dann wird in Schritt 222 bestimmt, daß der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist.

Wenn unterdessen $XERAF = 0$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 223 fort, wobei bestimmt wird, ob entweder der stromaufwärtige oder der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 oder 29 abnormal ist. Diese Bestimmung wird durchgeführt basierend auf dem Ergebnis der Abnormalitätsbestimmung, welche durch die Sensorabnormalitätsbestimmungsroutine gemäß der Fig. 8 durchgeführt wird. Wenn beide Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 als abnormal eingestuft werden, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 224 fort, wobei der Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als abnormal bestimmt wird. Das heißt, daß wenn in Schritt 221 "NEIN" ausgewählt wird, (was bedeutet, daß der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 als nicht abnormal bestimmt wird) und in Schritt 223 beide Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 als abnormal bestimmt werden, kann hieraus geschlossen werden, daß der abnormale Luftkraftstoffverhältnissensor der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 ist. Falls in Schritt 223 "NEIN" ausgewählt wird, falls keiner der Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 abnormal sind, dann wird diese Routine ohne Durchführung weiterer Prozeßschritte beendet.

In diesem Ausführungsbeispiel wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 oder der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 abnormal ist basierend darauf, ob ein Fehler zwischen den

Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwerten erfaßt durch beide Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 sich in einem vorbestimmten Bereich befindet. Der Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 sowie der Luftkraftstoffverhältnis-Zentralwert auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 werden als im wesentlichen gleich angenommen, falls der stromaufwärtige und stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 und 29 normal sind. Basierend auf dem Fehler zwischen den Zentralwerten, welche durch beide Sensoren 28 und 29 erfaßt werden, kann folglich nicht nur die Fehlfunktion eines Schaltkreises wie beispielsweise ein Fehlschluß oder ein Kurzschluß sondern auch eine Abnormalität infolge einer Beschädigung eines Sensors erfaßt werden. Hierdurch kann nicht nur Beeinträchtigung des Katalysators 27 präzise erfaßt werden, sondern es kann auch eine Luftkraftstoffverhältnissteuerung adequat durchgeführt werden unter Verwendung der Luftkraftstoffverhältnisse, welche durch die Luftkraftstoffverhältnissensoren 28 und 29 erfaßbar sind.

Basierend auf dem Fehler zwischen den Zentralwerten, welche durch beide Sensoren 28 und 29 erfaßbar sind, kann jedoch nicht bestimmt werden, welcher der beiden nämlich des stromaufwärtigen Kraftstoffverhältnissensors 28 und des stromabwärtigen Kraftstoffverhältnissensors 29 eine Fehlfunktion hat.

Aus diesem Grunde wird in dem ersten Ausführungsbeispiel bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist und zwar basierend auf dem Ergebnis eines Vergleichs der Änderung $\Delta\lambda_{TG}$ des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} und der Abweichung ΔFAF des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktors FAF , falls das Zielluftkraftstoffverhältnis sich plötzlich verändert. Als ein Ergebnis hiervon kann die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 präzise bestimmt werden. Darüberhinaus kann der Sensor, welcher eine Fehlfunktion aufweist, durch die Sensorabnormalitätsauswahlroutine spezifiziert werden, wie sie in der Fig. 13 gezeigt ist.

[Berechnung der Einströmung einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 14 wird als nächstes eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponenteneinströmung zur Berechnung der Einströmmenge einer Abgaskomponente beschrieben, welche in den Katalysator 27 einströmt. Diese Routine wird bei jeder Verbrennung in jedem Zylinder des Motors 11 aktiviert. In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 321 und 322 der Ausgabewert FA/F des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 mit dem oberen Grenzwert $F(+)$ und dem unteren Grenzwert $F(-)$ des Zentralwerts FA/F verglichen. Falls $F(-) \leq FA/F \leq F(+)$, das heißt, wenn FA/F als der Zentralwert von FA/F betrachtet werden kann, dann wird diese Routine beendet, ohne daß weitere Schritte ausgeführt werden.

Wenn unterdessen $FA/F > F(+)$, das heißt, wenn das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 auf die Seite einer Magerkomponente von dem Zentralwert FA/F abgewichen ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 323 fort. In Schritt 323 wird eine Abweichung $\Delta A/F = FA/F - F(+)$ zwischen FA/F und dem oberen Grenzwert $F(+)$ des Zentralwerts berechnet. In dem nächsten Schritt 324 wird ein Bereich auf der Seite einer Magerkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet durch Integration der Abweichung $\Delta A/F$ (siehe Fig. 15). Hierauf wird in Schritt 325 ein Durchschnittswert Gav der Menge an Abgas, welche in den Katalysator 27 einströmt, während der Berechnung des Bereichs auf der Seite der Magerkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet und zwar basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11. In dem nachfolgenden Schritt 326 wird die Summe FL einer Magerkomponentenmenge in dem Abgas, welches in den Katalysator 27 einströmt entsprechend der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$FL = \sum \Delta A/F \cdot Gav \cdot k \quad (k: \text{Koeffizient})$$

Wenn unterdessen $FA/F < F(-)$, das heißt, wenn das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 auf die Seite einer fetten Komponente von dem Zentralwert FA/F abweicht, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 327 fort. In Schritt 327 wird eine Abweichung $\Delta A/F (= FA/F - F(-))$ zwischen dem Wert FA/F und dem unteren Grenzwert $F(-)$ des Zentralwerts berechnet. In dem nachfolgenden Schritt 328 wird ein Bereich auf der Seite einer fetten Komponente $\sum \Delta A/F$ berechnet durch Integrieren der Abweichung $\Delta A/F$ (siehe Fig. 15). Hierauf wird in Schritt 329 ein Durchschnittswert Gav der Menge an Abgas, welches in den Katalysator 27 strömt während der Berechnung des Bereichs auf Seiten einer fetten Komponente $\sum \Delta A/F$ berechnet und zwar basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11. In dem nächsten Schritt 330 wird die Summe FR einer Fettkomponentenmenge in dem Abgas, welches in den Katalysator 27 strömt, berechnet und zwar gemäß der nachfolgenden Gleichung.

$$FR = \sum \Delta A/F \cdot Gav \cdot k \quad (k: \text{Koeffizient})$$

Die Fig. 15A bis 15E zeigen die Beziehung zwischen $\sum \Delta A/F$, Gav , k , FL und FR , welche durch die Einströmrechnungsroutine für die Abgaskomponenten erhalten wird.

[Berechnung der Ausströmung einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 16 wird eine Berechnungsroutine für eine Abgaskomponentenausströmung zur Berechnung der Ausströmmenge einer Abgaskomponente im nachfolgenden beschrieben, welche aus dem Katalysator 27 ausströmt. Diese Routine wird bei jeder Verbrennung in jedem Zylinder aktiviert. In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 331 und 332 der Ausgabewert RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 verglichen mit dem oberen Grenzwert $F(+)$ und dem unteren Grenzwert $F(-)$ des Zentralwerts von RA/F . Falls $R(-) \leq RA/F \leq R(+)$, das heißt, wenn RA/F als der Zentralwert von RA/F betrachtet werden

kann, dann wird Routine beendet, ohne daß weitere Schritte ausgeführt werden.

Falls $RA/F > R(+)$, das heißt, wenn das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 auf die Seite einer Magerkomponente von dem Zentralwert von RA/F abweicht, dann schreitet der Vorgang auf Schritt 333 fort. In Schritt 333 wird eine Abweichung $\Delta A/F (= RA/F - R(+))$ zwischen RA/F und dem oberen Grenzwert $R(+)$ des Zentralwerts berechnet. Im darauffolgenden Schritt 334 wird ein Bereich auf der Seite einer Magerkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet durch Integration der Abweichung $\Delta A/F$. Hierauf wird in Schritt 335 ein Durchschnittswert Gav der Menge an aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgas während der Berechnung des Bereichs auf der Seite einer Magerkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet und zwar basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11. In dem darauffolgenden Schritt 336 wird die Summe RL der Magerkomponentenquantität des aus dem Katalysators 27 ausströmenden Abgas es berechnet und zwar entsprechend der nachfolgenden Gleichung:

$$RL = \sum \Delta A/F \cdot Gav \cdot k \quad (k: \text{Koeffizient})$$

Falls $RA/F < R(-)$, das heißt, wenn das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 auf die Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert RA/F abweicht, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 337 fort. In Schritt 337 wird eine Abweichung $\Delta A/F (= RA/F - R(-))$ zwischen RA/F und dem unteren Grenzwert $R(-)$ des Zentralwerts berechnet. In dem nächsten Schritt 338 wird ein Bereich auf Seiten einer Fettkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet durch Integration der Abweichung $\Delta A/F$. Hierauf wird in Schritt 339 der Durchschnittswert Gav der Menge an aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgases während der Berechnung des Bereichs auf Seiten einer Fettkomponente $\sum \Delta A/F$ berechnet und zwar basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11. In dem nächsten Schritt 340 wird die Summe RR einer Fettkomponentenmenge in dem aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgas berechnet und zwar gemäß der nachfolgenden Gleichung:

$$RR = \sum \Delta A/F \cdot Gav \cdot k \quad (k: \text{Koeffizient})$$

[Berechnung der Menge an absorbierten Magerbestandteilen]

Mit Bezug auf die Fig. 17 wird nachfolgend eine Berechnungsroutine bezüglich einer absorbierten Magerkomponentenmenge zur Berechnung der Menge einer Magerkomponente eines Abgases beschrieben, welches in dem Katalysator 27 absorbiert worden ist. In dieser Routine wird in einem ersten Schritt 341 die Summe RL der Magerkomponentenquantität des aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgases von der Summe FL der Magerkomponentenquantität des in den Katalysator 27 einströmenden Abgases subtrahiert, um die Quantität $CATAL$ einer durch den Katalysator 27 absorbierten Magerkomponente zu erhalten. In dem nächsten Schritt 342 wird die Summe RL der aus dem Katalysator 27 ausströmenden Menge der Magerkomponente mit einem vorbestimmten Wert KL verglichen. Falls $RL > KL$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 343 fort, wobei die Menge $CATAL$ einer durch den Katalysator 27 absorbierten Magerkomponente als eine maximale Quantität (die gesättigte Quantität) OSI_{\max} gesetzt wird, welche vor dem Katalysator maximal absorbiert werden kann. Falls $RL \leq KL$, dann schreitet der Vorgang zu einem Schritt 344 fort, wobei die Quantität $CATAL$ als eine gegenwärtige Quantität OSI gesetzt wird.

[Berechnung der Quantität an absorbiertem Fettbestandteil]

Mit Bezug auf die Fig. 18 wird eine Berechnungsroutine bezüglich einer absorbierten Fettkomponentenquantität zur Berechnung der Menge an einer Abgasfettkomponente beschrieben, welche durch den Katalysator 27 absorbiert worden ist. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 351 die Summe RR der Fettkomponentenquantität in dem aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgas von der Summe FR der Fettkomponentenquantität in dem in den Katalysator 27 einströmenden Abgas subtrahiert, um die Menge $CATAR$ einer durch den Katalysator 27 absorbierten Fettkomponente zu erhalten. In dem nächsten Schritt 352 wird der Absolutwert der Summe RR der aus dem Katalysator 27 ausströmenden Fettkomponentenmenge mit einem vorbestimmten Wert KR verglichen. Der Grund, weshalb der Absolutwert der Summe RR der Fettkomponentenmenge verwendet wird, besteht darin, daß der Wert der Summe RR der Fettkomponentenmenge negativ ist. Falls $|RR| > KR$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 353 fort, wobei die Menge $CATAR$ einer durch den Katalysator 27 absorbierten Fettkomponente als eine maximale Menge (die gesättigte Menge) OSI_{\min} gesetzt wird, welche durch den Katalysator 27 maximal absorbiert werden kann. Falls $|RR| \leq KR$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 354 fort, wobei die Menge $CATAR$ als eine gegenwärtige Menge OSI festgesetzt wird.

[Erfassung der Verschlechterung eines Katalysators 27 basierend auf der maximal absorbierten Menge einer Magerkomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 19 wird nachfolgend eine Bestimmungsroutine bezüglich einer Katalysatorverschlechterung zur Erfassung der Verschlechterung eines Katalysators 27 basierend auf der maximal absorbierten Menge OSI_{\max} der Magerkomponente näher beschrieben. Diese Routine wird jedesmal dann, wenn die maximal absorbierbare Menge OSI_{\max} der Magerkomponente in Schritt 343 gemäß der Fig. 17 berechnet wird, ausgeführt. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 361 die gegenwärtige maximal absorbierte Menge OSI_{\max} der Magerkomponente dividiert durch eine maximal absorbierte Menge OSI_{\max} der Magerkomponente, welche durch den Katalysator 27 absorbiert werden könnte, bevor die Wirkung des Katalysators 27 sich verschlechtert, um ein Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert $LDETERIO$ zu erhalten. In einem

nächsten Schritt 362 wird der Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert LDETERIO verglichen mit einem vorbestimmten Verschlechterungsbestimmungswert F1. Ferner wird in Schritt 363 bestimmt, ob eine positive Bestimmung in Schritt 362 fortlaufend vorbestimmte Male durchgeführt worden ist. Wenn eine positive Bestimmung in Schritt 363 durchgeführt worden ist, dann wird bestimmt, daß der Katalysator 27 sich verschlechtert hat. Wenn eine negative Bestimmung in Schritt 363 erhalten worden ist, dann wird diese Routine beendet, ohne daß eine Verschlechterung des Katalysators 27 bestimmt wurde. 5

[Erfassung der Verschlechterung eines Katalysators basierend auf der maximal absorbierbaren Quantität einer Fettkomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 20 wird nachfolgend eine Erfassungsroutine bezüglich einer Katalysatorverschlechterung zur Erfassung der Verschlechterung des Katalysators 27 basierend auf der maximal absorbierbaren Menge OSImin der Fettkomponente näher beschrieben. Diese Routine wird jedesmal dann ausgeführt, wenn die maximal absorbierbare Menge OSImin der Fettkomponente in Schritt 353 gemäß der Fig. 18 berechnet wird. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 371 die aktuelle maximal absorbierte Menge OSImin der Fettkomponente dividiert durch eine maximal absorbierbare Menge OSImin der Fettkomponente, welche vom Katalysator 27 absorbiert werden könnte, bevor die Wirkung des Katalysators 27 sich verschlechtert, um einen Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert RDETERIO zu erhalten. In dem nachfolgenden Schritt 372 wird der Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert RDETERIO verglichen mit einem vorbestimmten Verschlechterungsbestimmungswert F2. Darüberhinaus wird in Schritt 373 bestimmt, ob in Schritt 372 eine positive Bestimmung fortlaufend vorbestimmte Male erhalten worden ist. Wenn eine positive Bestimmung in Schritt 373 erhalten wurde, dann wird bestimmt, daß der Katalysator 27 sich verschlechtert hat. Wenn eine negative Bestimmung in Schritt 373 erhalten wurde, dann wird die Routine beendet, ohne daß die Verschlechterung des Katalysators 27 festgestellt worden ist. 10 15 20

Lediglich eine der Katalysatorverschlechterungsbestimmungsroutinen gemäß der Fig. 19 und 20 kann verwendet werden. Wenn beide Routinen gemäß der Fig. 19 und 20 durchgeführt werden, dann ist ein Verfahren zur Bestimmung der Verschlechterung eines Katalysators 27, falls die Verschlechterung des Katalysators 27 durch eine der Routinen erfaßt wird sowie ein weiteres Verfahren zur Bestimmung der Verschlechterung eines Katalysators 27, falls die Verschlechterung des Katalysators 27 gleichzeitig durch beide Routinen erfaßt wird denkbar. 25 30

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird in Fig. 7 der Zentralwert von FA/F und der Zentralwert von RA/F berechnet. Die Einströmmenge einer Abgaskomponente wird in Fig. 14 berechnet unter Verwendung dieser Zentralwerte, wobei die Ausströmmenge einer Abgaskomponente gemäß Fig. 16 unter Verwendung der gleichen Werte berechnet wird. Jedoch kann ein Sensorausgabewert, welcher equivalent zu dem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis ist, ebenfalls anstelle der Zentralwerte von FA/F und RA/F dazu verwendet werden, die Einströmmenge und die Ausströmmenge einer Abgaskomponente zu berechnen. Falls die Zentralwerte von FA/F und RA/F verwendet werden, dann kann die Menge der Abgaskomponente, welche in und aus dem Katalysator 27 strömt, akkurat berechnet werden selbst dann, wenn der Luftkraftstoffverhältnissensor 28 oder 29 sich verschlechtert und der Sensor 28 oder 29 kein Sensorausgabesignal erzeugen kann, in dem Augenblick, wenn er ein solches erzeugen sollte, welches equivalent zu dem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis ist. 35 40

(Zweites Ausführungsbeispiel)

Ein zweites Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung, welches in den Fig. 21A bis 23 gezeigt wird, erfaßt eine Abnormalität eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 in einer zum ersten Ausführungsbeispiel unterschiedlichen Weise. Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wird die Abnormalität eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 erfaßt basierend auf dem Verhalten eines Signalausgabewerts vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28, wenn eine Kraftstoffeinspritzmenge erhöht wird infolge einer niedrigen Temperatur oder einer hohen Belastung. Das Prinzip der Erfassung der Abnormalität wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeitkarten gemäß der Fig. 21A bis 21E näher beschrieben. 45 50

Wie in den Fig. 21A bis 21E dargestellt ist, wird der Motor 11 durch Betätigen eines Zündschlüssels zum Zeitpunkt t10 gestartet. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Kühltemperatur-Korrekturfaktor FWL auf einen größeren Wert festgesetzt als 1.0, um die Kraftstoffeinspritzmenge aufgrund der niederen Temperatur des Motorkühlmittels zu erhöhen. Wenn hierauf die Temperatur des Motorkühlmittels sich graduell erhöht und einen vorbestimmten Wert erreicht hat, beispielsweise 40°C, dann wird eine Rückkopplungssteuerung basierend auf einem Luftkraftstoffverhältnis zum Zeitpunkt t11 gestartet. Ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF wird auf einen kleinen Wert entgegen der Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge gesetzt, im Ansprechen auf die niedere Temperatur des Motorkühlmittels. Als ein Ergebnis hiervon wird der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF erhöht, wenn der Kühlmitteltemperatur-Korrekturfaktor FWL verringert wird. Der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF nähert ungefähr den Wert 1.0 zum Zeitpunkt t12 an, in welchem der Motor 11 aufgeheizt ist, wobei die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge im Ansprechen auf die niedere Temperatur beendet wird. 55 60

Zum Zeitpunkt t10 bis zum Zeitpunkt t11 wird das Luftkraftstoffverhältnis λ (welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt wird) auf die Seite einer Fettkomponente verschoben und zwar im Ansprechen auf die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge. Es wird diagnostiziert, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist und zwar basierend auf der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses λ im Ansprechen auf die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge. Vom Zeitpunkt t11 bis zum Zeitpunkt t12 wird mit der Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge kontinuierlich fortgefahren. Da jedoch ein Luftkraft- 65

stoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF verringert wird, so wird das Kraftstoffverhältnis λ in der Nähe eines, Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} ($\lambda_{TG} = 1.0$ in Fig. 21D) gehalten. Während dieser Periode wird ebenfalls diagnostiziert, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist und zwar basierend auf der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses λ im Ansprechen auf die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge und der Verringerung des Wertes FAF.

Falls ein Fahrzeug sich im Fahrzustand befindet, wird die Kraftstoffeinspritzmenge im Ansprechen auf eine hohe Belastung des Motors 11 erhöht und zwar basierend auf einer Fahrzeugbeschleunigung, die zum Zeitpunkt t13 gezeigt wird. Zu diesem Zeitpunkt wird die Rückkopplungssteuerung für das Luftkraftstoffverhältnis zeitweise gesperrt, wobei eine sogenannte "Open-Loop-Steuerung" durchgeführt wird. Während dieser Open-Loop-Steuerung wird der Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF auf 1.0 gehalten. Ein Lastkorrekturfaktor FOTP wird erhöht, wobei das Luftkraftstoffverhältnis λ (welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt wird) auf die Seite einer Fettkomponente verschoben wird. Vom Zeitpunkt t13 bis zum Zeitpunkt t14 wird diagnostiziert, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist und zwar basierend auf der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses λ im Ansprechen auf die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge infolge der hohen Belastung.

Wenn hierauf zum Zeitpunkt t14 ein Fahrzeug damit beginnt, dessen Geschwindigkeit zu reduzieren, dann wird die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge infolge der hohen Belastung beendet, wobei der Lastkorrekturfaktor FOTP auf den Wert 1.0 zurückkehrt. Zum Zeitpunkt t14 wird als ein Ergebnis davon, daß der Kraftstoff unterbrochen wird, das Luftkraftstoffverhältnis λ vorübergehend erheblich auf die Seite einer Magerkomponente verschoben. Die Rückkopplungssteuerung des Luftkraftstoffverhältnisses wird wieder aufgenommen nach der Kraftstoffunterbrechung.

Der vorstehend beschriebene Betrieb wird durch eine Kraftstoffeinspritzhauptroutine gemäß der Fig. 22 sowie einer Abnormalitätsbestimmungsroutine bezüglich eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors gemäß der Fig. 23 durchgeführt. Die Kraftstoffeinspritzhauptroutine, wie sie in der Fig. 22 gezeigt ist, wird durchgeführt synchron zu dem Kraftstoffeinspritzbetrieb der Einspritzvorrichtungen 20. Wenn der Vorgang durch diese Routine gestartet wird und zwar in Schritt 421, dann wird die Einspritzmengenberechnungsroutine gemäß der Fig. 5 ausgeführt, um die Kraftstoffeinspritzmenge TAU zu berechnen. Hierauf wird in Schritt 422 ein Durchschnittswert λ_{AV} bezüglich des Luftkraftstoffverhältnisses λ mit 1/64 Mittelungsbetrieb gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\lambda_{AV} = (63 \cdot \lambda_{AV}(i-1) + \lambda)/64$$

In dem darauffolgenden Schritt 423 wird die Kraftstoffeinspritzmenge TAU durch eine Grundeinspritzmenge T_p und einen Luftkraftstoffverhältnis-Magerungswert FKG dividiert, um eine Kraftstoffkorrekturmenge FOTHER für die Einspritzmenge TAU zu erhalten.

$$FOTHER = TAU / (T_p \cdot FKG)$$

Die Kraftstoffkorrekturmenge FOTHER ist equivalent zu einer Totalkorrekturmenge mit Ausnahme des Luftkraftstoffverhältnis-Magerwertes FKG und wird erhalten als ein Korrekturfaktor, der beispielsweise einen Kühlmitteltemperatur-Korrekturfaktor FWL, einen Lastkorrekturfaktor FOTP sowie einen Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF mit umfaßt. Das heißt, daß die Grundeinspritzmenge T_p , welche gemäß dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet wird (Motorgeschwindigkeit N_e , Einlaßdruck P_M usw.), ursprünglich derart festgesetzt wird, daß das Luftkraftstoffverhältnis λ derart gesteuert wird, daß es ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis λ_{th} ($\lambda_{th} = 1$) annimmt. Die Streuung der Kraftstoffeinspritzmenge infolge von Unterschieden bezüglich der Eigenschaften von Motoren des gleichen Typs und infolge einer Alterung eines Motors wird kompensiert durch den Luftkraftstoffverhältnis-Erfahrungswert FKG. Aus diesem Grunde kann in Schritt 423 die Totalkorrekturquantität, welche zur Realisierung des Luftkraftstoffverhältnisses λ_{th} ($\lambda_{th} = 1$) erforderlich ist, durch Dividieren von TAU durch den Term $t_p \cdot FKG$ erhalten werden.

Hierauf wird in Schritt 424 ein Durchschnittswert FAV des Korrekturfaktors FOTHER gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$FAV = (63 \cdot FAV(i-1) + FOTHER)/64$$

In dem nächsten Schritt 425 wird die Abnormalitätsbestimmungsroutine bezüglich des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors durchgeführt, wie sie in Fig. 23 dargestellt wird.

In Schritt 401 wird bestimmt, ob ein Kühlmitteltemperaturkorrekturfaktor FWL einen vorbestimmten Bestimmungswert KFWL überschreitet. Wenn beispielsweise die Kraftstoffeinspritzmenge infolge einer niederen Temperatur erhöht wird (zum Zeitpunkt t10, wie in Fig. 21 dargestellt ist), dann ist FWL größer als KFWL. Als ein Ergebnis hiervon wird in Schritt 401 "JA" ausgewählt, wobei der Vorgang auf Schritt 403 springt. Wenn jedoch $FWL \leq KFWL$, dann wird in Schritt 402 bestimmt, ob ein Lastkorrekturfaktor FOTP einen vorbestimmten Bestimmungswert KFOTP überschreitet. Wenn beispielsweise die Kraftstoffeinspritzmenge infolge einer hohen Belastung erhöht wird (zum Zeitpunkt t13 gemäß der Fig. 21), dann ist FOTP größer als KFOTP. Als ein Ergebnis hiervon wird in Schritt 402 "JA" ausgewählt, wobei der Vorgang auf Schritt 403 fortschreitet. In Schritt 403 wird bestimmt, ob der Vorgang für das Feststellen eines Luftkraftstoffverhältnisses in dem Totalbereich abgeschlossen ist, in welchem der Motor 11 betrieben wird. Falls indessen die Kraftstoffeinspritzmenge nicht erhöht wird aufgrund der niederen Temperatur oder der hohen Belastung ("NEIN" wird in den Schritten 401 und 402 ausgewählt) oder falls das Erlernen des Luftkraftstoffverhältnisses in dem Totalbereich nicht abgeschlossen

worden ist ("NEIN" wird in Schritt 403 ausgewählt), dann schreitet der Vorgang zu Schritt 404 fort. In dem Schritt 404 wird ein Wert bezüglich eines Zählwerts CAFER auf Null zurückgesetzt, wobei dann diese Routine beendet wird. Das heißt, wenn das Erfahren eines Luftkraftstoffverhältnisses nicht abgeschlossen worden ist, dann kann die Streuung der Einspritzmenge infolge von Unterschieden bezüglich der Eigenschaften verschiedener Motoren des gleichen Typs sowie infolge der Alterung eines Motors nicht in einem Bereich korrigiert werden, in welchem der Lernvorgang nicht beendet worden ist. Lediglich dann, wenn der Lernvorgang beendet worden ist, wird diagnostiziert, ob ein Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist oder nicht. 5

Falls die Kraftstoffeinspritzmenge erhöht wird, aufgrund der niedrigen Temperatur und der hohen Belastung sowie das Erlernen des Kraftstoffverhältnisses vervollständigt ist (das heißt, wenn entweder in Schritt 401 oder 402 "JA" ausgewählt wird und in Schritt 403 "JA" ausgewählt ist), dann schreitet der Vorgang zu einem Schritt 405 fort. In Schritt 405 wird bestimmt, ob der Wert des Zählwerts CAFER größer als Null ist. Wenn CAFER = 0 (anfänglicher Wert) und zwar am Beginn, dann wird "NEIN" im Schritt 405 ausgewählt, wobei der Vorgang zu Schritt 406 fortschreitet. In Schritt 406 wird ein vorbestimmter Wert KCAFER (beispielsweise ein Wert, welcher equivalent ist zu 15maligen Kraftstoffeinspritzungen) in dem Zählwert CAFER festgesetzt und diese Routine beendet. 10 15

Nachdem der Wert KCAFER in dem Zählwert CAFER festgesetzt worden ist und zwar in Schritt 406, dann wird in Schritt 405 "JA" ausgewählt, falls diese Routine nachfolgend ausgeführt wird. Aus diesem Grunde schreitet der Vorgang zu Schritt 407 fort, wobei der Zählwert CAFER um eins dekrementiert wird. In dem nachfolgenden Schritt 408 wird bestimmt, ob der Wert des Zählwerts CAFER Null ist. Falls er nicht Null ist, wird die Routine beendet, ohne daß weitere Schritte ausgeführt werden. Der vorstehend beschriebene Vorgang wird wiederholt, bis CAFER = 0. 20

Wenn hierauf CAFER = 0, dann schreitet der Vorgang von Schritt 408 auf Schritt 409 fort. Ein Fehler λ_{AV} — 1.0 zwischen dem Durchschnittswert λ_{AV} des Kraftstoffverhältnisses, welches in Schritt 422 berechnet wurde und des Zielluftkraftstoffverhältnisses λ_{TG} ($\lambda_{TG} = 1.0$ in diesem Ausführungsbeispiel) sowie ein Fehler FAV — 1.0 zwischen dem Durchschnittswert FAV des Korrekturfaktors FOTHER, berechnet in Schritt 424 und eines Referenzwertes (1.0) werden berechnet. Desweiteren wird das Verhältnis $(\lambda_{AV} - 1.0)/(FAV - 1.0)$ beider Fehler ausgearbeitet, wobei dann bestimmt wird, ob das Verhältnis sich in einem vorbestimmten Bereich (von KFL bis KFH, beispielsweise KFL = - 0.8, KFH = - 1.2) befindet. 25

Falls in Schritt 409 "JA" ausgewählt wird, dann wird das Ausgabesignal des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 als normal bestimmt. Der Vorgang schreitet dann zu Schritt 410 fort, wo ein stromaufwärtiger Abnormalitätsbestimmungsflag XERAF auf Null gesetzt wird und anschließend diese Routine beendet wird. 30

Falls in Schritt 409 "NEIN" ausgewählt wird, dann wird der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 als abnormal bestimmt. Der Vorgang schreitet zu Schritt 411 fort wo bestimmt wird, ob ein stromaufwärtiges Abnormalitätsbestimmungsflag XERAF bereits auf "1" gesetzt worden ist. Falls XERAF = 0, dann wird der Flag XERAF auf "1" in Schritt 412 gesetzt und diese Routine beendet. Falls der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erneut in der nächsten Bestimmung in Schritt 409 als abnormal bestimmt worden ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 413 fort wo ein vorbestimmter Vorgang entgegen einer Sensorabnormalität durchgeführt wird (beispielsweise wird eine Alarmlampe 37 erleuchtet oder eine Rückkopplungssteuerung basierend auf einem erfaßten Luftkraftstoffverhältnis gesperrt). 35

Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wird als Totalkraftstoffkorrekturmenge FOTHER für die Grundeinspritzmenge T_p , welche basierend auf der Motorgeschwindigkeit N_e und einer Belastung berechnet wird, die an dem Motor 11 angelegt wird (Einlaßdruck PM) in Schritt 423 ausgearbeitet wobei ferner dessen Durchschnittswert FAF ebenfalls in Schritt 424 erhalten wird. Basierend auf dem Ergebnis eines Vergleichs des Durchschnittswerts FAF der Totalkorrekturmenge FOTHER und der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses λ_X , welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt worden ist, wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist. Aus diesem Grunde kann die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 in präziser Weise und unmittelbar wie in dem ersten Ausführungsbeispiel bestimmt werden. 40 45

In dem zweiten Ausführungsbeispiel wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist im Ansprechen auf die Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge basierend auf einer niedrigen Temperatur oder einer hohen Belastung, wenn der Motor 11 betrieben wird. Wenn jedoch die Kraftstoffeinspritzmenge verringert wird, so kann ebenfalls bestimmt werden, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist. Beispielsweise wird in einem Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem mit einem Dampf- bzw. Gasabführmechanismus für das Abführen von Kraftstoffdampf (verdampfter Kraftstoff), welcher in einem Kraftstofftank erzeugt wird in die Einlaßleitung des Motors 11 die Kraftstoffmenge, welche von den Einspritzvorrichtungen 20 eingespritzt wird, verringert und zwar entsprechend einer abgeführten Kraftstoffmenge. In solch einem Zustand wird basierend auf der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses λ bestimmt (das Ausgangssignal des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28), falls die Kraftstoffeinspritzmenge verringert ist, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist. 50 55

(Drittes Ausführungsbeispiel)

Die Fig. 24A bis 24C und 25 zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel zur Bestimmung der Abnormalität eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 mittels eines Verfahrens, welches unterschiedlich zu jenen der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele ist. Bei dem dritten Ausführungsbeispiel wird bestimmt basierend auf dem Verhalten des Luftkraftstoffverhältnisses λ (erfaßt durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28) in einem vorübergehenden Betrieb des Motors 11, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist. Das Prinzip der Bestimmung der Abnormalität des Luftkraftstoffverhältnissensors 28 60

nissensors 28 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeitkarten gemäß der Fig. 24A bis 24C beschrieben.

Wie in den Fig. 24A bis 24C dargestellt ist, wird ein Fahrzeug zum Zeitpunkt t21 plötzlich beschleunigt. Als ein Ergebnis hiervon fluktuiert das Luftkraftstoffverhältnis λ zeitweilig auf die Seiten von Mager- und Fettkomponenten. Wenn ein Fahrzeug plötzlich zum Zeitpunkt t23 abgebremst wird, dann findet ebenfalls eine erhebliche Fluktuation des Luftkraftstoffverhältnisses λ statt. In diesem Fall wird basierend auf einer Differenz zwischen einem Magerspitzenwert λL und einem Fettspitzenwert λR (Amplitude des Luftkraftstoffverhältnisses λ) falls das Luftkraftstoffverhältnis λ tatsächlich fluktuiert bestimmt, ob der Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist.

Der vorgehend beschriebene Vorgang wird durch eine Abnormalitätsbestimmungsroutine für einen stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor durchgeführt, wie sie in der Fig. 25 gezeigt ist. Als erstes wird in Schritt 501 bestimmt, ob ein Betriebszustand des Motors 11 stetig ist. Die Bestimmung, ob der Motor stetig ist, wird durchgeführt basierend darauf, ob ein Fahrzeug beschleunigt oder abgebremst wird, ob ein Zielluftkraftstoffverhältnis λTG plötzlich verändert worden ist oder ob ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturfaktor FAF plötzlich verändert worden ist. Falls der Betriebszustand des Motors 11 stetig ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 502 fort, wobei bestimmt wird, ob ein Wert bezüglich des Zählwerts CAFDT Null überschreitet. Wenn der Wert des Zählwerts CAFDT Null ist (ein anfänglicher Wert) und zwar beim Start des Diagnosevorgangs bezüglich der Abnormalität, dann wird "NEIN" in Schritt 502 ausgewählt, wobei diese Routine anschließend beendet wird, ohne das weitere Schritte ausgeführt werden.

Falls beispielsweise ein Fahrzeug plötzlich beschleunigt wird und der Motor 11 sich in einem vorübergehenden Betrieb befindet, dann wird in Schritt 501 "NEIN" (zum Zeitpunkt t21 gemäß der Fig. 24) ausgewählt. Der Vorgang schreitet dann zu Schritt 503 fort, wo ein vorbestimmter Wert KCAFDT in dem Zählwert CAFDT gesetzt wird. Hierauf wird in Schritt 504 bestimmt, ob das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis λ größer als ein gespeicherter Magerspitzenwert λL ist (welcher auf der Seite einer Magerkomponente ist und zwar weiter als der gespeicherte Magerspitzenwert λL). Lediglich dann, wenn $\lambda > \lambda L$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 505 fort, wo der Magerspitzenwert λL durch das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis λ erneuert wird. Hierauf schreitet der Vorgang zu Schritt 506 fort, wo bestimmt wird, ob das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis λ kleiner als ein gespeicherter Fettspitzenwert λR ist (es befindet sich weiter auf Seiten einer Fettkomponente als λR). Lediglich wenn $\lambda < \lambda R$, schreitet der Vorgang zu einem Schritt 507 fort, wo der Fettspitzenwert λR durch das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis λ erneuert wird. Gemäß vorstehender Beschreibung werden der Magerspitzenwert λL und ein Fettspitzenwert λR während einer Periode des transienten Betriebs des Motors 11 erneuert.

Wenn hierauf der Betriebszustand des Motors 11 zu einem stetigen Zustand zurückkehrt, dann schreitet der Vorgang zu den Schritten 501, 502 und 508 fort, wo der Zählwert CAFDT um eins dekrementiert wird. In dem nächsten Schritt 509 wird bestimmt, ob der Wert des Zählwerts CAFDT Null ist. Falls CAFDT nicht Null ist, schreitet der Vorgang zu dem vorstehend beschriebenen Schritt 504 fort. Das heißt, daß ein Magerspitzenwert λL und ein Fettspitzenwert λR in den Schritten 504 bis 507 während einer Periode auf den neuesten Stand gebracht werden, in der der Zählwert CAFDT auf Null dekrementiert wird. (vom Zeitpunkt t21 bis t22 gemäß der Fig. 24).

Wenn hierauf CAFDT = 0 (zum Zeitpunkt t22 gemäß der Fig. 24), dann wird in Schritt 509 "JA" ausgewählt. In dem nächsten Schritt 510 wird bestimmt, ob die Differenz zwischen einem Magerspitzenwert λL und einem Fettspitzenwert λR gleich oder kleiner ist als ein vorbestimmter Wert KAFWD. Falls $\lambda L - \lambda R > KAFWD$, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 511 fort wobei ein stromaufwärtiges Abnormalitätsbestimmungsflag XELER auf Null gesetzt wird. Das heißt, falls $\lambda L - \lambda R > KAFWD$, dann bedeutet dies daß eine erhöhte Kraftstoffeinspritzmenge infolge einer plötzlichen Beschleunigung normalerweise das Ausgabesignal des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 beeinflußt hat. Folglich wird der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 als normal eingestuft. In dem nächsten Schritt 515 wird der Magerspitzenwert λL und der Fettspitzenwert λR jeweils auf 1.0 für die nächste Bestimmung der Abnormalität zurückgesetzt und diese Routine letztlich beendet.

Falls das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 510 $\lambda L - \lambda R \leq KAFWD$ ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 512 fort, wo bestimmt wird, ob der stromaufwärtige Abnormalitätsbestimmungsflag XELER bereits auf "1" gesetzt worden ist. Falls der stromaufwärtige Abnormalitätsbestimmungsflag XELER nicht auf "1" gesetzt worden ist, so schreitet der Vorgang zu Schritt 513 fort, wo der Flag XELER auf "1" gesetzt wird. Falls bei der nächsten Bestimmung in Schritt 510 erneut auf eine Abnormalität bestimmt wird, dann wird in Schritt 514 der Vorgang gegen die Abnormalität des Sensors 28 durchgeführt.

Wenn gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Motor 11 sich in einem transienten Betrieb befindet, dann wird die Amplitude $\lambda L - \lambda R$ des Luftkraftstoffverhältnisses λ , erfaßt durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28, ausgearbeitet. Basierend auf der Amplitude $\lambda L - \lambda R$ wird diagnostiziert, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist. Hierdurch kann präzise und unmittelbar wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen bestimmt werden, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 abnormal ist.

(Viertes Ausführungsbeispiel)

In einem vierten Ausführungsbeispiel wirkt ein stromabwärtiger Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als ein linearer Luftkraftstoff (A/F)-Sensor, der ein lineares Luftkraftstoffverhältnissignal gemäß einem Luftkraftstoffverhältnis des Abgases erzeugt, wenn eine Betriebsspannung daran angelegt wird. Jedoch arbeitet der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als ein Sauerstoffsensor, der lediglich erfaßt, ob das Luftkraftstoffverhältnis des Abgases sich auf Seiten einer Magerkomponente oder einer Fettkomponente befindet (dessen

Ausgangssignal auf die Seite einer Mager- oder Fettkomponente (wertiert), wenn keine Betriebsspannung daran angelegt wird.

[Steuerung des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29]

Mit Bezug auf die Fig. 26 wird nachfolgend eine Steuerungsroutine für einen stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor für das Ein- und Ausschalten einer Betriebsspannung bezüglich des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 näher beschrieben. Bei dieser Routine wird zuerst in Schritt 701 bestimmt, ob ein Wert eines Zählwerts COUNTER welcher in Schritt 707 gemäß nachfolgender Beschreibung inkrementiert wird, einen vorbestimmten Wert D erreicht. Das heißt, es wird bestimmt, ob eine vorbestimmte Zeit verstrichen ist oder nicht. Falls die vorbestimmte Zeit noch nicht verstrichen ist, wird das Anlegen der Betriebsspannung in Schritt 702 gesperrt. Falls die vorbestimmte Zeit verstrichen ist, wird die Betriebsspannung an den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 in Schritt 708 angelegt.

Während das Anlegen der Betriebsspannung in Schritt 703 gesperrt ist, wird ein Ausgabesignal VOX2 vom stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als ein Sauerstoffsensor eingelesen. In dem nächsten Schritt 704 wird bestimmt, ob das Ausgangssignal VOX2 vom Sauerstoffsensor 29 sich in einem vorbestimmten Bereich befindet ($K5 < VOX2 < K6$, K5, K6: vorbestimmter Wert). Falls das Ausgangssignal VOX2 sich in dem vorbestimmten Bereich befindet, wird ein Zentralwert-Betriebsausführungsflag FLAG auf "1" in Schritt 705 gesetzt. Falls das Ausgangssignal sich außerhalb des vorbestimmten Bereichs befindet, wird der Zentralwert-Betriebsausführungsflag FLAG im Schritt 706 auf Null zurückgesetzt. Hierauf wird in Schritt 707 der Zeitzählwert COUNTER inkrementiert und diese Routine beendet.

Während die Betriebsspannung in Schritt 709 angelegt ist, wird ein Ausgangssignal RA/F vom stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als ein linearer A/F-Sensor eingelesen. In dem nächsten Schritt 710 wird bestimmt, ob der Zentralwert-Betriebsausführungsflag FLAG "1" ist. Falls FLAG = 1, wird der Zentralwert von RA/F in Schritt 710 berechnet. Der Zentralwert von RA/F wird durch das gleiche Verfahren berechnet, wie in den Schritten 113 bis 115 gemäß der Fig. 7. In dem nächsten Schritt 712 wird ein Korrekturfaktor KRA/F für das Absorbieren einer Änderung einer statischen Kennlinie infolge des Alterungsprozesses des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$KRA/F = RA/FO \div RA/F \text{ Zentralwert}$$

¶

RA/FO ist der Zentralwert von RA/F, wenn die statische Kennlinie des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 nicht infolge dessen Alterung variiert. Der Korrekturfaktor KRA/F wird erhalten durch Dividieren des Zentralwerts RA/FO durch den Zentralwert des gegenwärtigen RA/F, welcher in Schritt 711 erhalten worden ist. Hierauf wird in Schritt 713 der Zeitzählwert COUNTER gelöscht und diese Routine beendet. Falls der Zentralwert-Betriebsausführungsflag FLAG in Schritt 710 auf "0" gesetzt ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 713 fort, ohne daß die Schritte 711 und 712 ausgeführt werden, wobei der Zeitzählwert COUNTER gelöscht und diese Routine beendet wird.

Während das Anlegen der Betriebsspannung gesperrt ist, wird lediglich dann, wenn das Ausgangssignal VOX2 vom stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 als ein Sauerstoffsensor sich stabil in einem vorbestimmten Bereich befindet, der Zentralwert von RA/F in Schritt 711 berechnet. Der RA/F-statische Kennlinien-Korrekturfaktor KRA/F wird basierend auf dem Zentralwert von RA/F berechnet.

[Berechnung der Ausströmung einer Abgaskomponente]

Eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponentenausströmung gemäß der Fig. 27 addiert den Schritt 300 zu der Routine gemäß der Fig. 16 hinzu. In dieser Routine wird in Schritt 300 zuerst das Ausgangssignal RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 mit dem Korrekturfaktor KRA/F für ein Absorbieren der Änderung der statischen Kennlinie multipliziert, welche in Schritt 712 erhalten worden ist. Hierdurch wird der akkurate Wert von RA/F erhalten, in welchem ein Fehler infolge der Änderung der statischen Eigenschaft bzw. Kennlinie eliminiert ist. Der Vorgang in jedem Schritt nach Schritt 300 ist der gleiche, wie jener gemäß der Fig. 16. Die Magerkomponentenquantität RL sowie die Fettkomponentenquantität RR der Abgasströmung aus dem Katalysator 27 werden präzise berechnet unter Verwendung des Werts RA/F, welcher in Schritt 300 korrigiert worden ist.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der zum Vorgang gemäß der Fig. 26 und 27 unterschiedliche Vorgang der gleiche, wie jener in dem ersten Ausführungsbeispiel.

(Fünftes Ausführungsbeispiel)

Wenn in dem ersten Ausführungsbeispiel die Menge einer Abgaskomponente, welche in/aus dem Katalysator 27 strömt, berechnet wird, wie in den Fig. 14 und 16 gezeigt ist, dann wird der integrierte Wert von $\sum \Delta A/F$ (Bereich) der Abweichung $\Delta A/F$ des Luftkraftstoffverhältnisses mit dem Durchschnittswert G_{av} der Abgasmenge multipliziert. Jedoch wird in dem fünften Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 28 bis 30 eine Menge einer Abgaskomponente berechnet und zwar jedesmal dann, wenn eine Abweichung $\Delta A/F$ berechnet wird. Das Verfahren der Berechnung wird nachfolgend im einzelnen beschrieben.

[Berechnung der Einströmmenge einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 28 wird nachfolgend eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponenteneinströmmung zur Berechnung der Einströmmenge einer Abgaskomponente beschrieben, welche in den Katalysator 27 einströmt. In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 721 und 722 das Ausgangssignal FA/F des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 mit dem oberen Grenzwert F(+) und dem unteren Grenzwert F(-) des Zentralwerts von FA/F verglichen. Falls $F(-) \leq FA/F < F(+)$, das heißt, wenn FA/F als der Zentralwert von FA/F erachtet werden kann, wird diese Routine beendet, ohne daß weitere Schritte ausgeführt werden.

Falls $FA/F > F(+)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf der Seite einer Magerkomponente von dem Zentralwert von FA/F befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 723 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F (= FA/F - F(+))$ zwischen FA/F und dem oberen Grenzwert F(+) wird in Schritt 723 berechnet. In dem nächsten Schritt 724 wird die Menge G eines in den Katalysator 27 strömenden Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 725 eine Magerkomponentenmenge FL des in den Katalysator 27 einströmenden Abgases gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta FL = \Delta A/F * G * k \text{ (k: Koeffizient)}$$

Hierauf wird in Schritt 726 die Magerkomponentenmenge ΔFL des Abgases integriert, um die Totalmagerkomponentenmenge FL des Abgases zu erhalten.

Falls $FA/F < F(-)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf Seiten einer Fettkomponente vom Zentralwert von FA/F befindet, so schreitet der Vorgang auf Schritt 727 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F = (FA/F - F(-))$ zwischen FA/F und dem unteren Grenzwert F(-) wird in Schritt 727 berechnet. In dem nächsten Schritt 728 wird die Menge G des Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 729 eine Fettkomponentenmenge ΔFR des Abgases, welches in den Katalysator 27 einströmt, gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta FR = \Delta A/F * G * k \text{ (k: Koeffizient)}$$

Hierauf wird in Schritt 730 die Fettkomponentenmenge ΔFR des Abgases integriert, um eine totale Fettkomponentenmenge FR des Abgases zu erhalten, welches in den Katalysator 27 einströmt.

Die Fig. 30A bis 30C zeigen die Beziehung unter den totalen Mager- und Fettkomponentenmengen FL und FR des Abgases sowie des Luftkraftstoffverhältnisses FA/F, welches durch den stromaufwärtigen Kraftstoffverhältnissensor 28 erfaßt wurde.

[Berechnung der Ausströmmung einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 29 wird nachfolgend eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponentenausströmmung zur Berechnung der Ausströmmenge einer Abgaskomponente beschrieben, welche aus dem Katalysator 27 ausströmt. In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 731 und 732 der Ausgangswert RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 mit dem oberen Grenzwert R(+) und dem unteren Grenzwert R(-) des Zentralwerts von RA/F verglichen. Falls $R(-) \leq RA/F \leq R(+)$, das heißt, falls RA/F als der Zentralwert von RA/F erachtet werden kann, wird diese Routine beendet, ohne daß weitere Schritte ausgeführt werden.

Falls $RA/F > R(+)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf Seiten einer Magerkomponente vom Zentralwert von RA/F befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 737 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F = (RA/F - R(+))$ zwischen RA/F und dem oberen Grenzwert R(+) wird in Schritt 733 berechnet. In dem nächsten Schritt 734 wird die Menge G des Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 735 eine Magerkomponentenmenge ΔRL des aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgases gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta RL = \Delta A/F * G * k \text{ (k: Koeffizient)}$$

Hierauf wird in Schritt 736 die Magerkomponentenmenge ΔRL des Abgases integriert, um eine Totalmagerkomponentenmenge RL des aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgases zu erhalten.

Falls $RA/F < R(-)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf Seiten einer Fettkomponente vom Zentralwert von RA/F befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 737 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F (= RA/F - R(-))$ zwischen RA/F und dem unteren Grenzwert R(-) wird in Schritt 737 berechnet. In dem nächsten Schritt 738 wird eine Menge G des Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 739 eine Fettkomponentenmenge ΔRR des aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgases gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta RR = \Delta A/F * G * k \text{ (k: Koeffizient)}$$

Hierauf wird in Schritt 740 die Fettkomponentenmenge ΔRR des Abgases integriert, um eine Totalfettkompo-

mentenmenge RL aus dem Katalysator 27 ausströmenden Abgas erhalten.

Die Fig. 30D bis 30F zeigen die Beziehung zwischen den Totalmager- und Fettkomponentenmengen RL und RR des Abgases sowie dem Luftkraftstoffverhältnis RA/F, welches durch den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 erfaßt worden ist.

(Sechstes Ausführungsbeispiel)

Aus dem ersten und dem fünften Ausführungsbeispiel ist es bekannt, daß für den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 ein linearer A/F-Sensor verwendet wird, der ein lineares Luftkraftstoffverhältnissignal gemäß dem Luftkraftstoffverhältnis des Abgases erzeugt. Jedoch wird gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel, wie es in den Fig. 31 bis 53 gezeigt wird, als ein stromabwärtiger Luftkraftstoffverhältnissensor 29 ein Sauerstoffsensor verwendet, dessen Ausgangssignal in Abhängigkeit von dem Luftkraftstoffverhältnis des Abgases invertiert wird, welches sich auf Seiten einer Fett- oder Magerkomponente befindet. Die Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors wird linearisiert durch ein Ausgangssignal-Linearisierungsmittel (Vorgang gemäß Schritt 859 wird anhand der Fig. 39 später beschrieben), um in ein Luftkraftstoffverhältnis konvertiert zu werden.

[Berechnung der Einströmmenge einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 31 wird eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponenteneinströmmung zur Berechnung der Einströmmenge einer in den Katalysator 27 einströmenden Abgaskomponente nachfolgend beschrieben. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 800 anhand von Verschlechterungsbestimmungs-Periodeneinstellroutinen (1) bis (3), wie sie nachfolgend noch beschrieben werden, bestimmt, ob der Betriebszustand des Motors 11 sich innerhalb einer der Verschlechterungsbestimmungs-Perioden befindet, in denen die Verschlechterung des Katalysators 27 bestimmt wird. In diesen Verschlechterungsbestimmungsperioden-Einstellroutinen (1) bis (3) wird bestimmt, ob der Betriebszustand des Motors 11 sich innerhalb einer der Verschlechterungsbestimmungsperioden basierend auf dem Wert eines Periodenanzeigeblags befindet, welcher durch jede der Routinen gesetzt wird.

Falls der Betriebszustand des Motors 11 sich in der Verschlechterungsbestimmungsperiode befindet, schreitet der Vorgang zu Schritt 801 fort. Die Totaleinströmmenge einer Abgaskomponente in der Verschlechterungsbestimmungsperiode wird gemäß der Schritte 801 bis 810 berechnet.

Zuerst wird in den Schritten 801 und 802 das Ausgangssignal FA/F des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 mit dem oberen Grenzwert $F(+)$ und dem unteren Grenzwert $F(-)$ des Zentralwerts von FA/F verglichen. Falls $F(-) \leq FA/F \leq F(+)$, das heißt, falls FA/F als der Zentralwert von FA/F betrachtet werden kann, wird diese Routine ohne Ausführung weiterer Schritte beendet.

Falls $FA/F > F(+)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf Seiten einer Magerkomponente von dem Zentralwert von FA/F befindet, so schreitet der Vorgang zu Schritt 803 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F = (FA/F - F(+))$ zwischen FA/F und dem oberen Grenzwert $F(+)$ wird in Schritt 803 berechnet. In dem nächsten Schritt 804 wird die Menge G des Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 805 der molare Wert AFL einer Magerkomponentenmenge des Abgases, welches in den Katalysator 27 einströmt, gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

Bei der vorstehend genannten Gleichung bezeichnet "k" einen Koeffizienten für die Konvertierung der Magerkomponentenmenge $\Delta A/F \cdot G$ in einen molaren Wert und "kl" einen Magerkomponenten-Korrekturfaktor. Der Grund, weshalb dieser Magerkomponenten-Korrekturfaktor kl verwendet wird, besteht darin: Die Fig. 32 zeigt die Konzentration jeder Komponente gegenüber dem Luftkraftstoffverhältnis A/F des einströmenden Abgases und die Fig. 33 zeigt die Beziehung zwischen der Konzentration einer Magerkomponente (O_2) und jener einer Fettkomponente ($CO + H_2$) gegenüber dem Überschuß-Luftverhältnis λ_{Luft} . In einem Graphen gemäß der Fig. 33 ist HC nicht in einer Fettkomponente enthalten. Da jedoch, wie in der Fig. 32 dargestellt wird, HC geringer ist im Vergleich zu CO und H_2 , kann dies ignoriert werden. Wie aus den Fig. 32 und 33 ersichtlich ist, sind selbst dann, wenn das Luftkraftstoffverhältnis A/F sich außerhalb auf Seiten einer Mager- oder Fettkomponente um die gleiche Menge $\Delta A/F$ befindet, der molare Wert einer Magerkomponente (O_2) und jener einer Fettkomponente ($CO + H_2$) unterschiedlich.

Falls der molare Wert ΔFL der Magerkomponentenmenge des Abgases basierend auf dem Fehler $\Delta A/F$ des Luftkraftstoffverhältnisses A/F von einem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis berechnet wird, so wird der Molarwert-Konvertierkoeffizient k' basierend auf dem molaren Konzentrationsverhältnis der Mager- und Fettkomponenten korrigiert. Solch eine Korrektur wird durch die folgenden zwei Verfahren durchgeführt. In einem ersten Verfahren wird ein Magerkomponenten-Korrekturfaktor kl gegenüber einer Abweichung $|\Delta \lambda|$ des Überhangluftverhältnisses λ_{Luft} von 1 ausgearbeitet und zwar mit Blick auf eine Fettkomponente als der Bezug ($k_R = 1$) unter Verwendung einer in der Fig. 34 gezeigten k_L -Karte. Gemäß einem zweiten Verfahren wird ein Fettkomponenten-Korrekturfaktor k_R gegenüber einer Abweichung $|\Delta \lambda|$ des Überschußluftverhältnisses λ_{Luft} von 1 mit Blick auf eine Magerkomponente als Bezug ($k_L = 1$) unter Verwendung einer in Fig. 35 gezeigten k_R -Karte ausgearbeitet.

Nachdem eine Gleichung $\Delta FL = \Delta A/F \cdot G \cdot k_O$, wie vorstehend bereits beschrieben worden ist, angewendet wurde, dann wird in Schritt 806 dieses ΔFL integriert, um einen totalen molaren Wert FL einer Magerkomponentenmenge des Abgases zu erhalten, welche in den Katalysator 27 einströmt.

Falls $FA/F < F(-)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis FA/F auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf der Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert von FA/F befindet,

dann schreitet der Vorgang zu Schritt 807 fort. Eine Abweichung $\Delta F = FA/F - F(-)$ zwischen FA/F und dem unteren Grenzwert $F(-)$ wird in Schritt 807 berechnet. In dem nächsten Schritt 808 wird die Menge G des Abgases basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 809 der molare Wert ΔFR einer Fettkomponentenmenge des Abgases welches in den Katalysator 27 einströmt, anhand der nachfolgenden Gleichung berechnet:

Bei der vorstehenden Gleichung bezeichnet "k" einen Molarwert-Konvertierkoeffizient und "kR" einen Fettkomponenten-Korrekturkoeffizienten. Gemäß vorstehender Beschreibung wird der Fettkomponenten-Korrekturkoeffizient kR unter der Verwendung der kR-Karte gemäß der Fig. 35 festgesetzt, wenn eine Magerkomponente als Referenzwert ($kL = 1$) festgesetzt ist. Wenn andererseits eine Fettkomponente als Bezugswert verwendet wird, dann wird der Fettkomponenten-Korrekturkoeffizient kR auf 1 festgesetzt.

In dem nächsten Schritt 810 wird der in Schritt 809 berechnete molare Wert ΔFR integriert, um einen totalen Molarwert FR der Fettkomponentenmenge des in den Katalysator 27 einströmenden Abgases zu erhalten.

Die Routine wird durch Unterbrechung jeder Verbrennung in jedem Zylinder durchgeführt, um den totalen Molarwert FL der Magerkomponentenmenge und den totalen Molarwert FR der Fettkomponentenmenge während der Verschlechterungsbestimmungsperiode zu berechnen. Wenn die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet, schreitet der Vorgang von Schritt 800 zu Schritt 811 fort. Der totale Molarwert FL der Magerkomponentenmenge sowie der totale Molarwert FR der Fettkomponentenmenge werden jeweils als Perioden-Totaleinströmmengen FL_{total} und FR_{total} der Abgaskomponente festgesetzt. Hierauf werden die gespeicherten Molarwerte ΔFL und ΔFR der Mager- und Fettkomponentenmengen jedes Abgases zurückgesetzt und diese Routine beendet.

Zeitkarten gemäß der Fig. 49A bis 49F zeigen ein Beispiel für den Vorgang zur Berechnung von FL und FR.

[Festsetzen der Verschlechterungsbestimmungsperioden]

Eine Verschlechterungsbestimmungsperiode, während der die Verschlechterung des Katalysators 27 bestimmt wird, ist eine Periode zwischen dem Zeitpunkt, an welchem der Motor 11 gestartet wird, bis zu dem Zeitpunkt, in welchem das Aufwärmen des Katalysators 27 beendet wird, das heißt, bis die Temperatur des Katalysators 27 sich auf eine Temperatur erhöht hat, bei welcher der Katalysator 27 effizient arbeitet oder ist eine Periode von dem Zeitpunkt an, in welchem der Motor 11 seinen Betrieb in einem stetigen Zustand nach vollständiger Erwärmung aufgenommen hat bis daß eine vorbestimmte Zeit kdt verstrichen ist. Für ein Verfahren zur Bestimmung, ob das Aufwärmen des Katalysators 27 vervollständigt ist, existieren zwei Verfahren. Eines von diesen verwendet eine verstrichene Zeit, nachdem der Motor gestartet worden ist, wobei das andere Verfahren einen integrierten Wert verwendet, wonach die Verbrennungsenergie des Motors 11 integriert wird, nachdem der Motor 11 gestartet worden ist. Aus diesem Grunde existieren für ein Verfahren zum Festsetzen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode die folgenden drei Verfahren.

[Festsetzen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (1)]

Eine Verschlechterungsbestimmungsperiode-Festsetzroutine (1) gemäß der Fig. 36 setzt eine Verschlechterungsbestimmungsperiode basierend auf einer verstrichenen Zeit ab dem Zeitpunkt, in welchem der Motor 11 gestartet worden ist fest. Diese Routine wird durch Unterbrechung innerhalb jedes vorbestimmten Intervalls ausgeführt. In Schritt 821 wird bestimmt, ob der Motor 11 gestartet worden ist. Falls der Motor 11 nicht gestartet worden ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 825 fort. In Schritt 825 wird ein Periodenanzeigflag auf Null gesetzt, was bedeutet, daß der Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand nach oder vor der Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht, wobei dann diese Routine beendet wird.

Falls der Motor 11 gestartet ist, schreitet der Vorgang von Schritt 821 auf Schritt 822 fort, wobei eine verstrichene Zeit T vom Startzeitpunkt des Motors 11 an erfaßt wird. In dem nächsten Schritt 823 wird bestimmt, ob die verstrichene Zeit T eine vorbestimmte Zeit T_0 erreicht hat, welche für das Aufwärmen des Katalysators 27 erforderlich ist. Falls die verstrichene Zeit T nicht den vorbestimmten Zeitwert T_0 erreicht, schreitet der Vorgang zu Schritt 824 fort. In Schritt 824 wird der Periodenanzeigflag an "1" gesetzt, was bedeutet, daß der Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand für die Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht, wobei dann diese Routine beendet wird.

Wenn hierauf die verstrichene Zeit T vom Start des Motors 11 aus die vorbestimmte Zeit T_0 erreicht, dann wird der Aufwärmvorgang des Katalysators 27 als abgeschlossen betrachtet. Der Vorgang schreitet dann zu Schritt 825 fort, wo der Periodenanzeigflag auf "1" gesetzt wird.

Durch den vorstehend beschriebenen Vorgang wird eine Periode vom Zeitpunkt des Starts des Motors 11 aus bis zu einer vorbestimmten verstrichenen Zeit T_0 als eine Verschlechterungsbestimmungsperiode festgesetzt. Der Periodenanzeigflag wird "1" während dieser Verschlechterungsbestimmungsperiode gehalten.

[Einstellen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (2)]

Eine Verschlechterungsbestimmungsperioden-Einstellroutine (2) gemäß der Fig. 37 setzt eine Verschlechterungsbestimmungsperiode basierend auf dem integrierten Wert einer Verbrennungsenergie des Motors 11 vom Startzeitpunkt des Motors 11 aus fest. Die Routine wird durch bzw. bei Unterbrechung jeder Verbrennung eines jeden Zylinders des Motors 11 durchgeführt. In Schritt 831 wird bestimmt, ob der Motor 11 gestartet worden ist. Falls der Motor 11 nicht gestartet worden ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 835 fort, wo ein Periodenanzeigflag auf "0" gesetzt und diese Routine beendet wird.

Falls der Motor 11 gestartet worden ist, schreitet der Vorgang von Schritt 831 auf Schritt 832 fort, wo die

Verbrennungsenergie E integriert wird, um einen integrierten Wert $\sum E$ mit dem Startzeitpunkt des Motors 11 an zu erhalten. Die Verbrennungsenergie E wird unter Verwendung einer Karte (nicht gezeigt) berechnet, in welcher zumindest ein Wert aus den nachfolgenden Werten nämlich dem Luftkraftstoffverhältnis, der Motorgeschwindigkeit, dem Druck in einer Einlaßleitung und einer Einlaßluftmenge als ein Parameter verwendet wird. In dem nächsten Schritt 833 wird bestimmt, ob der integrierte Wert $\sum E$ der Verbrennungsenergie E einen vorbestimmten Wert E_0 erreicht, welcher für das Aufwärmen des Katalysators 27 erforderlich ist. Falls der integrierte Wert $\sum E$ nicht den vorbestimmten Wert E_0 erreicht, so schreitet der Vorgang auf Schritt 834 fort. In Schritt 834 wird der Periodenanzeigflag auf "1" gesetzt und diese Routine beendet.

Wenn hierauf der integrierte Wert $\sum E$ der Verbrennungsenergie E den vorbestimmten Wert E_0 erreicht, dann wird der Aufwärmvorgang des Katalysators 27 als abgeschlossen erachtet. Folglich schreitet die Routine zu Schritt 835 fort, wo der Periodenanzeigflag auf "0" gesetzt und diese Routine beendet wird.

Durch den vorstehend beschriebenen Vorgang wird eine Periode vom Zeitpunkt des Starts des Motors 11 aus bis daß der integrierte Wert $\sum E$ der Verbrennungsenergie den vorbestimmten Wert E_0 erreicht, als eine Verschlechterungsbestimmungsperiode festgesetzt. Der Periodenanzeigflag wird während dieser Verschlechterungsbestimmungsperiode auf "1" gehalten.

[Festsetzen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode (3)]

Eine Verschlechterungsbestimmungsperiode-Feststellroutine (3) gemäß der Fig. 38 setzt eine Periode von dem Zeitpunkt aus, in welchem der Motor 11 in einem stabilen Zustand betrieben wird, nachdem er aufgewärmt worden ist, bis zu einer vorbestimmten verstrichenen Zeit kdt , als eine Verschlechterungsbestimmungsperiode fest. Diese Routine wird durch bzw. bei Unterbrechung jedes vorbestimmten Zeitintervalls durchgeführt. In Schritt 841 wird bestimmt, ob der Motor 11 in einem stetigen Zustand betrieben wird basierend darauf, ob die Motorgeschwindigkeit, der Druck in einer Einlaßleitung, der Einlaßluftmenge oder andere Werte stabil sind. Falls der Motor 11 in einem stetigen Zustand betrieben wird, schreitet der Vorgang zu Schritt 842 fort. In Schritt 842 wird bestimmt basierend auf einer Motorkühltemperatur, ob der Motor 11 vollständig erwärmt hat. Falls der Motor 11 nicht in einem stetigen Zustand betrieben wird oder sich nicht vollständig erwärmt hat, schreitet der Vorgang zu Schritt 846 fort. In Schritt 846 wird der Periodenanzeigflag auf Null gesetzt und die Routine beendet.

Falls der Motor 11 in einem stetigen Zustand betrieben wird und sich vollständig erwärmt hat, wird die Verschlechterungsbestimmungsperiode gestartet. Der Vorgang schreitet zu Schritt 843 fort, wobei eine verstrichene Zeit Δt von dem Start der Verschlechterungsbestimmungsperiode an abgezählt wird. In dem nächsten Schritt 844 wird bestimmt, ob die verstrichene Zeit Δt größer als eine vorbestimmte Zeit kdt ist. Falls die verstrichene Zeit Δt nicht größer als die vorbestimmte Zeit kdt ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 845 fort. In Schritt 845 wird der Periodenanzeigflag auf "1" gesetzt und die Routine beendet. Wenn hierauf die verstrichene Zeit Δt größer ist als die vorbestimmte Zeit kdt , so schreitet der Vorgang 846 fort. Im Schritt 846 wird der Periodenanzeigflag auf Null gesetzt und die Routine beendet.

Durch den vorstehend beschriebenen Vorgang wird eine Periode vom dem Zeitpunkt an, in welchem der Motor 11 damit beginnt, in einem stetigen Zustand nach dessen vollständiger Erwärmung zu arbeiten bis zu dem Zeitpunkt, in welchem eine vorbestimmte Zeit kdt verstrichen ist, als eine Verschlechterungsbestimmungsperiode festgesetzt. Während dieser Periode wird der Periodenanzeigflag auf "1" gehalten.

Es kann ausreichend sein, eine der vorstehend beschriebenen Verschlechterungsbestimmungsperioden-Festsetzroutinen (1) bis (3) zu verwenden, die jeweils in den Fig. 36 bis 38 dargestellt sind. Jedoch können die Routinen (1) und (3) oder die Routinen (2) und (3) auch gemeinsam verwendet werden.

[Berechnung der Ausströmung einer Abgaskomponente]

Mit Bezug auf die Fig. 39 wird nachfolgend eine Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponentenausströmung zur Berechnung der totalen Ausströmungsmenge von Abgaskomponenten beschrieben, welche aus einem Katalysator 27 während der Verschlechterungsbestimmungsperiode ausströmen. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 858 die Ausgangsspannung des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 erfaßt. In dem nächsten Schritt 859 wird die Ausgangsspannung des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 in ein Luftkraftstoffverhältnis RA/F gemäß einer voreingestellten Konvertiertafel (siehe Fig. 40) konvertiert. Hierauf wird in Schritt 860 bestimmt, ob der Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand während einer Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht. Falls eine positive Bestimmung in Schritt 860 erhalten wird, schreitet der Vorgang zu Schritt 861 fort, wobei die Ausströmungsmenge einer Abgaskomponente durch den Vorgang von Schritt 861 bis 870 berechnet wird.

In den Schritten 861 und 862 wird der Ausgangswert RA/F des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 29 mit dem oberen Grenzwert $R(+)$ und dem unteren Grenzwert $R(-)$ des Zentralwerts von RA/F verglichen. Falls $R(-) \leq RA/F \leq R(+)$, das heißt, falls der Ausgangswert RA/F als der Zentralwert von RA/F erachtet werden kann, wird diese Routine ohne Ausführung weiterer Schritte beendet.

Falls $RA/F > R(+)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis RA/F auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 sich außerhalb auf Seiten einer Magerkomponente vom Zentralwert von RA/F befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 863 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F = (RA/F - R(+))$ zwischen RA/F und dem oberen Grenzwert $R(+)$ wird in Schritt 863 berechnet. In dem nächsten Schritt 864 wird die Menge G des Abgases berechnet und zwar basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11. Hierauf wird in Schritt 865 der Molarwert ΔRL einer Magerkomponentenmenge des Abgases, welches durch den Katalysator 27 strömt, entsprechend der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta RL = \Delta A/F \times G \times k_0$$

$$k_0 = k' \times k_L$$

Bei der vorstehenden Gleichung bezeichnet "k'" einen Molarwert-Konvertierkoeffizient und "k_R" einen Magerkomponenten-Korrekturkoeffizienten (siehe Fig. 34). In dem nächsten Schritt 866 wird der Molarwert ΔRL der Magerkomponentenmenge des Abgases integriert, um einen Totalmolwert RL der Magerkomponentenmenge des Abgases zu erhalten, welches aus dem Katalysator 27 ausströmt.

Falls $RA/F < R(-)$, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis RA/F auf der stromabwärtigen Seite des Katalysator 27 sich außerhalb auf der Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert von RA/F befindet, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 867 fort. Eine Abweichung $\Delta A/F (= RA/F - R(-))$ zwischen RA/F und dem unteren Grenzwert $R(-)$ wird in Schritt 867 berechnet. In dem nächsten Schritt 868 wird die Menge G an Abgas basierend auf dem Betriebszustand des Motors 11 berechnet. Hierauf wird in Schritt 869 der molare Wert ΔRR einer Fettkomponentenmenge des Abgases welches in den Katalysator 27 ausströmt, anhand der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta RR = \Delta A/F \times G \times k_1$$

$$k_0 = k' \times k_R$$

Bei der vorstehenden Gleichung bezeichnet "k'" einen Molarwert-Konvertierkoeffizient und "k_L" einen Fettkomponenten-Korrekturkoeffizienten (siehe Fig. 35). In dem nächsten Schritt 870 wird der Molarwert ΔRR der Fettkomponentenmenge des Abgases integriert, um einen Totalmolwert RR der Fettkomponentenmenge des Abgases zu erhalten, welches aus dem Katalysator 27 ausströmt.

Die Routine wird durch Unterbrechung jeder Verbrennung in jedem Zylinder durchgeführt, um den totalen Molarwert RL der Magerkomponentenmenge und den totalen Molarwert RR der Fettkomponentenmenge während der Verschlechterungsbestimmungsperiode zu berechnen. Wenn die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet, schreitet der Vorgang von Schritt 860 zu Schritt 871 fort. Der totale Molarwert RL der Magerkomponentenmenge sowie der totale Molarwert RR der Fettkomponentenmenge werden jeweils als Perioden-Totalausströmmungen RL_{total} und RR_{total} der Abgaskomponente festgesetzt. Hierauf werden die gespeicherten Molarwerte ARAL und ΔRR der Mager- und Fettkomponentenmengen jedes Abgases zurückgesetzt und diese Routine beendet.

Zeitkarten gemäß der Fig. 49A bis 49F zeigen ein Beispiel für den vorstehend beschriebenen Vorgang zur Berechnung von RL und RR.

[Korrektur der Temperatur eines Elements eines stromabwärtigen Sauerstoffsensors]

Eine Temperaturkorrekturroutine bezüglich eines stromabwärtigen Sauerstoffsensorelements gemäß der Fig. 41 schätzt die Temperatur eines Elements 51 eines stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 und korrigiert die Linearitätskennlinie einer Konvertiertafel zur Konvertierung der Ausgangsspannung des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 in ein Luftkraftstoffverhältnis RA/F entsprechend der geschätzten Temperatur des Elements 51. Der Grund hierfür besteht darin, daß die Ausgabecharakteristik des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 entsprechend der Temperatur des Elements 51 variiert.

In dieser Routine wird in Schritt 881 zuerst eine Sättigungstemperaturtafel mit einer Motorgeschwindigkeit Ne und einem Druck Pm in einer Einlaßleitung als Parameter entnommen und die Sättigungstemperatur des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 28 ausgearbeitet, welche der Wärmemenge des Abgases entspricht, das im wesentlichen durch die Parameter Ne und Pm bestimmt wird. Hierauf wird in Schritt 882 die Sättigungstemperatur mit einer Verzögerung erster Ordnung bearbeitet und dadurch die Temperatur des Elements 51 des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 abgeschätzt. Der Grund hierfür besteht darin, daß die Änderung der Temperatur des Elements 51 des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29, verursacht durch die Änderung (die Änderung von Ne und Pm) der Wärmemenge des Abgases, mit einer Verzögerung ersten Grades angenähert werden kann. In den nächsten Schritt 883 wird die Linearitätscharakteristik der Mager- und Fettkomponenten in der Konvertiertafel für das Konvertieren der Ausgangsspannung des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 zum Luftkraftstoffverhältnis Ra/F entsprechend der Temperatur des Elements 51 des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 korrigiert (siehe Fig. 42).

[Korrektur, wenn die Kraftstoffzufuhr unterbrochen ist]

Eine Korrekturroutine, die in Fig. 43 dargestellt ist, korrigiert die Linearitätskennlinie einer Magerkomponente in einer Konvertiertafel für das Konvertieren der Ausgangsspannung eines stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 in ein Kraftstoffverhältnis RA/F, wenn die Kraftstoffzufuhr unterbrochen ist. In dieser Routine wird zuerst in Schritt 891 bestimmt, ob der Kraftstoff unterbrochen ist (F/C). Falls der Kraftstoff unterbrochen ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 892 fort, wobei bestimmt wird, ob eine verstrichene Zeit seit Beginn der Kraftstoffunterbrechung einen vorbestimmten Zeitwert t10 überschreitet. Falls der Kraftstoff nicht unterbrochen wird oder falls die verstrichene Zeit nicht den vorbestimmten Zeitwert t10 erreicht wird diese Routine ohne Ausführung weiterer Schritte beendet.

Falls die verstrichene Zeit den vorbestimmten Zeitwert t10 erreicht, schreitet der Vorgang zu Schritt 893 fort, wobei die Ausgangsspannung des stromabwärtigen Sauerstoffsensors 29 eingelesen wird. Hierauf wird in Schritt 894 die Linearitätskennlinie einer Magerkomponente in der Konvertiertafel korrigiert (siehe Fig. 44).

[Bestimmung eines Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite]

Eine Bestimmungsroutine bezüglich eines stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältniszustandes, wie in Fig. 45 gezeigt wird, bestimmt, welches der fetten, mageren oder stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnisse FA/F auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators 27 zutrifft. Diese Bestimmung wird durchgeführt unter Verwendung des oberen Grenzwerts $F(+)$ und des unteren Grenzwerts $F(-)$, welche in Schritt 120 gemäß der Fig. 7 berechnet werden. 5

In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 901 und 902 bestimmt, ob das Luftkraftstoffverhältnis FA/F auf der stromaufwärtigen Seite gleich oder größer ist als der obere Grenzwert $F(+)$, oder gleich oder niedriger ist als der untere Grenzwert $F(-)$. Falls $FA/F \geq F(+)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis FA/F als mager bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 903 fort, wobei ein stromaufwärtiger Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt wird. Falls $FA/F \leq F(-)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis FA/F als fett bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 904 fort, wobei der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "-1" gesetzt wird. Falls $F(+)>FA/F>F(-)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis als stöchiometrisch bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 904 fort, wobei der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "0" gesetzt wird. 10 15

Die Zeitkarten gemäß der Fig. 49A bis 49F zeigen ein Beispiel des vorstehend beschriebenen Schaltablaufs bezüglich des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnisflags.

[Bestimmung des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromabwärtigen Seite]

Eine Bestimmungsroutine bezüglich eines stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältniszustandes gemäß der Fig. 46 bestimmt, ob auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators 27 ein fettes, mageres oder stöchiometrisches Luftkraftstoffverhältnis RA/F vorherrscht. Diese Bestimmung wird durchgeführt unter Verwendung des oberen Grenzwerts $R(+)$ und des unteren Grenzwerts $R(-)$, welche in Schritt 116 gemäß der Fig. 7 berechnet worden sind. 20 25

In dieser Routine wird zuerst in den Schritten 911 und 912 bestimmt, ob das Luftkraftstoffverhältnis RA/F auf der stromabwärtigen Seite gleich oder größer ist als der obere Grenzwert $R(+)$ oder gleich oder kleiner ist als der untere Grenzwert $R(-)$. Falls $RA/F \geq R(+)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis RA/F als mager bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 913 fort, wobei ein stromabwärtiger Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt wird. Falls $RA/F \leq R(-)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis RA/F als fett bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 914 fort, wobei der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "-1" gesetzt wird. Falls $R(+)>RA/F>R(-)$, dann wird das Luftkraftstoffverhältnis RA/F als stöchiometrisch bestimmt. In diesem Fall schreitet der Vorgang zu Schritt 914 fort, wobei der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "0" gesetzt wird. 30 35

Zeitkarten, wie sie in den Fig. 49A - 49F dargestellt sind, zeigen ein Beispiel des vorstehend beschriebenen Schaltzeitablaufs bezüglich des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnisflags.

[Löschbare Berechnung der Einströmmenge einer Abgaskomponente]

Eine löschbare Berechnungsroutine bezüglich einer Abgaskomponenteneinströmmung gemäß der Fig. 47 und 48 addiert eine Löschfunktion zu der Berechnungsroutine bezüglich der Abgaskomponenteneinströmmung gemäß der Fig. 31 hinzu. Wenn aus diesem Grunde ein Vorgang gemäß der Fig. 47 und 48 gewählt wird, dann ist der Vorgang, wie er in Fig. 31 gezeigt ist, nicht mehr erforderlich. 40

Die in den Fig. 47 und 48 gezeigten Routinen werden durch Unterbrechungsvorgänge bezüglich jeder Verbrennung eines jeden Zylinders durchgeführt. Wenn eine Magerkomponente durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 28 während der Verschlechterungsbestimmungsperiode erfaßt wird oder wenn eine vorbestimmte Zeit Δt_k nicht verstrichen ist, seit der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 das Erfassen einer Magerkomponente beendet hat, und falls eine Magerkomponente nicht durch den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor 29 erfaßt worden ist, bedeutet dies, daß der Katalysator 27 nicht gesättigt ist. Aus diesem Grunde wird eine Magerkomponentenquantität des Abgases, welche basierend auf dem Ausgangswert des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors 28 berechnet worden ist gelöscht (ein Löschflag wird auf "1" gesetzt), so daß die Magerkomponentenquantität keine Wirkung auf die Erfassung der Verschlechterung eines Katalysators mehr hat. 45 50

Im einzelnen wird in Schritt 920 zuerst bestimmt, ob der Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand innerhalb der Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht. Falls eine negative Bestimmung in Schritt 920 unternommen wird, wird diese Routine ohne Ausführung weiterer Schritte beendet. Falls eine positive Bestimmung in Schritt 920 durchgeführt wird, schreitet der Vorgang zu Schritt 921 fort. In Schritt 921 wird bestimmt, ob eine verstrichene Zeit dt eine vorbestimmte Zeit Δt_k seit dem das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite von einem Magerbereich in einen stöchiometrischen Bereich verschoben worden ist, verstrichen ist. Falls die verstrichene Zeit dt nicht die vorbestimmte Zeit Δt_k erreicht, so schreitet der Vorgang zu Schritt 922 fort. In Schritt 922 wird bestimmt, ob ein Zählflag bezüglich einer verstrichenen Zeit (dt) auf "1" gesetzt worden ist. Vorliegend wird der dt -Zählflag auf "1" gehalten seit dem Zeitpunkt, seit dem mit der Zählung der verstrichenen Zeit dt begonnen worden ist bis daß die verstrichene Zeit dt die vorbestimmte Zeit Δt_k erreicht. 55 60

Wenn in Schritt 922 bestimmt wird, daß der dt -Zählflag "1" ist, dann schreitet der Vorgang zu Schritt 923 fort. In Schritt 923 wird die verstrichene Zeit dt gemessen. In dem nächsten Schritt 924 wird bestimmt, ob der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag "1" ist, was bedeutet, daß das Luftkraftstoffverhältnis RA/F auf der stromabwärtigen Seite mager ist. Falls der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag "1" ist, so schreitet der 65

Vorgang zu Schritt 925 fort. Der Lösungsflag wird auf "0" gesetzt, was bedeutet, daß die Magerkomponentenquantität FL des Abgases nicht gelöscht wird. Falls der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag nicht "1" ist in Schritt 924, so wird der Schritt 925 übersprungen und der Vorgang schreitet zu Schritt 926 fort. Der anfängliche Wert des Lösungsflag wird auf "1" gesetzt, was bedeutet, daß die Magerkomponentenquantität FL des Abgases gelöscht wird.

Falls der dt-Zählflag nicht auf "1" in Schritt 922 gesetzt ist, so schreitet der Vorgang auch zu Schritt 926 fort. In Schritt 926 wird bestimmt, ob der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt ist, was bedeutet, daß das Luftkraftstoffverhältnis FA/F auf der stromaufwärtigen Seite mager ist. Falls der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag "1" ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 927 fort. In Schritt 927 wird ein Molarwert AFL einer Magerkomponentenmenge des in den Katalysator 27 einströmenden Abgases gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet:

$$\begin{aligned} \Delta FL &= \Delta A/F \cdot G \cdot k_0 \\ \Delta A/F &= FA/F - F(+) \\ k_0 &= k' \cdot kl \end{aligned}$$

Bei der vorstehenden Gleichung bezeichnet G die Menge an Abgas, "k'" bezeichnet einen Molarwert-Konvertierkoeffizienten und "kl" bezeichnet einen Magerkomponenten-Korrekturkoeffizienten.

In dem nächsten Schritt 928 wird bestimmt, ob der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt ist, was bedeutet, daß das Luftkraftstoffverhältnis RA/F auf der stromaufwärtigen Seite mager ist. Falls der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag "1" ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 929 fort. In Schritt 929 wird der Lösungsflag auf "0" gesetzt, um keine Löschung der Magerkomponentenquantität FL des Abgases zu verursachen. Wenn jedoch der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag nicht auf "1" gesetzt ist, wird diese Routine ohne Ausführung des Schritts 929 beendet.

Wenn in dem vorstehend genannten Schritt 926 der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag nicht auf "1" gesetzt ist, schreitet der Vorgang zu Schritt 930 fort. In Schritt 930 wird bestimmt, ob der letzte stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt ist, das heißt, ob das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite in dem letzten Vorgang mager war. In Schritt 930 wird "JA" ausgewählt unmittelbar nachdem der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor 28 den Erfassungsvorgang einer Magerkomponente beendet hat. In diesem Fall wird in Schritt 931 der Molarwert ΔFL der Magerkomponentenmenge integriert, während der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor eine Magerkomponente erfaßt, um eine Magerkomponentenquantität FL des in den Katalysator 27 einströmenden Abgases zu erhalten, wobei ΣFL gelöscht wird. Hierauf wird in Schritt 932 der dt-Zählflag auf "1" gelöscht und diese Routine beendet. Falls der letzte stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag in Schritt 930 nicht "1" gesetzt ist, das heißt, falls das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite in dem letzten Vorgang nicht mager war, so wird diese Routine beendet, ohne daß die Schritte 931 und 932 ausgeführt werden.

Wenn hierauf die verstrichene Zeit dt die vorbestimmte Zeit Δt_k seit dem Zeitpunkt in welchem das Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite von einem Magerbereich in einen stöchiometrischen Bereich verschoben worden ist, erreicht, dann wird in Schritt 921 "JA" ausgewählt. Der Vorgang schreitet zu Schritt 933 gemäß der Fig. 48 fort, wobei bestimmt wird, ob der Lösungsflag "1" ist, was bedeutet, daß die Magerkomponentenquantität FL des Abgases gelöscht werden sollte. Falls der Lösungsflag "1" ist, so schreitet der Vorgang zu Schritt 934 fort, wobei die Magerkomponentenquantität FL des Abgases gelöscht wird. Falls der Lösungsflag "0" ist, was bedeutet, daß die Magerkomponentenquantität FL des Abgases nicht gelöscht werden muß, so schreitet der Vorgang zu Schritt 935 ohne Ausführung des Schritts 934 fort.

In Schritt 935 wird die gegenwärtige Magerkomponentenmenge FL des Abgases zu einer letzten totalen Einströmmenge FL_{total} einer Magerkomponente in der Lösungsbestimmungsperiode hinzu addiert, um die totale Einströmmenge FL_{total} der Magerkomponente zu erneuern.

Nachdem der Lösungsflag in Schritt 936 auf "1" gesetzt ist, wird eine Zeit dt in Schritt 937 gelöscht. In dem nächsten Schritt 938 wird der dt-Zählflag auf "0" gesetzt und diese Routine beendet.

Der vorstehend beschriebene Vorgang zur Löschung, wie er in den Fig. 47 und 48 gezeigt ist, ist auf die Magerkomponentenmenge FL des Abgases bezogen. Jedoch kann für die Fettkomponentenmenge FR des Abgases das gleiche Verfahren ebenfalls verwendet werden. Zeitkarten gemäß der Fig. 50A bis 50F zeigen ein Beispiel des Vorgangs zur Löschung.

[Frequenzzählung der Sättigung durch eine Fett-/Magerkomponente]

Eine Frequenzzählroutine bezüglich einer Fett-/Magerkomponentensättigung gemäß der Fig. 51 zählt eine Frequenz, in der der Katalysator 27 durch eine Magerkomponente gesättigt wird und eine Frequenz, in der er durch eine Fettkomponente gesättigt wird während einer Verschlechterungsbestimmungsperiode.

In dieser Routine wird zuerst in Schritt 941 bestimmt, ob der Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand in der Verschlechterungsbestimmungsperiode basierend auf dem Periodenanzeigezeitpunkt entspricht. Falls der Periodenanzeigezeitpunkt "1" ist, was die Verschlechterungsbestimmungsperiode bedeutet, schreitet der Vorgang zu Schritt 942 fort. In Schritt 942 wird bestimmt (1), ob der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt ist und (2) ob der gegenwärtige Wert des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnisflags unterschiedlich zu dessen letztem Wert ist. Falls die vorstehend genannten Bedingungen (1) und (2) gleichzeitig erreicht werden, dann wird der Katalysator 27 als von einer Magerkomponente gesättigt eingestuft. Der Vorgang schreitet zu Schritt 943 fort, wobei ein Zählwert für eine Magerkomponentensättigung um eins inkrementiert wird. Wenn jedoch der Katalysator 27 nicht von einer Magerkomponente gesättigt ist, so schreitet der Vorgang zu Schritt

944 ohne Inkrementierung des Magerzählwerts fort.

In Schritt 944 wird bestimmt (1), ob der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnisflag auf "1" gesetzt ist und (2) ob der gegenwärtige Wert des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnisflag unterschiedlich von dessen letztem Wert ist. Falls die vorstehend genannten Bedingungen (1) und (2) gleichzeitig erreicht werden, wird der Katalysator 27 als von einer Fettkomponente gesättigt eingestuft. Der Vorgang schreitet dann zu Schritt 945 fort, wobei ein Fettzählwert für eine Fettkomponentensättigung um eins inkrementiert wird. Falls jedoch der Katalysator 27 nicht von einer Fettkomponente gesättigt ist, so wird die Routine ohne Inkrementierung des Fettzählwerts beendet.

Wenn hierauf die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet, dann schreitet der Vorgang von Schritt 941 auf die Schritte 946 und 947 fort. Der Wert des Magerzählwerts sowie der Wert des Fettzählwerts werden auf nL und nR jeweils gesetzt, um diese in einer Katalysatorverschlechterungsbestimmungsroutine zu verwenden, welche anhand der Fig. 52 und 53 nachfolgend beschrieben wird.

[Bestimmung der Verschlechterung des Katalysators 27 auf der Seite einer Magerkomponente]

Eine Verschlechterungsbestimmungsroutine bezüglich eines magerkomponentenseitigen Katalysators gemäß der Fig. 52 wird ausgeführt, unmittelbar nachdem eine Verschlechterungsbestimmungsperiode endet (Schritt 951). Unmittelbar, nachdem die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet, schreitet der Vorgang zu Schritt 952 fort. In Schritt 952 wird der Durchschnittswert MAXOSIav der Maximalmenge, in der eine Magerkomponente in einer Verschlechterungsbestimmungsperiode absorbiert wird gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet, in der die Totaleinströmmenge FLtotal eine Abgas-Magerkomponente, die Totalausströmmenge RLtotal einer Abgas-Magerkomponente sowie eine Frequenz nL in welcher ein Katalysator von einer Magerkomponente während der Verschlechterungsbestimmungsperiode gesättigt wird, verwendet wird:

$$\text{MAXOSIav} = (\text{FLtotal} - \text{RLtotal})/\text{nL}$$

In dem nächsten Schritt 953 wird der gegenwärtige Durchschnittswert MAXOSIav der Maximalmenge, in welcher eine Magerkomponente absorbiert wird, durch den Durchschnittswert MAXIOSIOav der Maximalmenge einer Magerkomponente, welche absorbiert wird, wenn der Katalysator 27 neu ist, dividiert, um einen Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert LDETERIO zu erhalten. In dem nächsten Schritt 954 wird der Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert LDETERIO mit einem vorbestimmten Verschlechterungsbestimmungswert kL verglichen. Falls LDETERIO < kL dann wird der Katalysator 27 in Schritt 955 als verschlechtert eingestuft. Wenn andererseits LDETERIO ≥ kL, wird diese Routine ohne Einstufung des Katalysators 27 als verschlechtert beendet.

[Erfassung der Verschlechterung eines Katalysators 27 auf der Seite einer Fettkomponente]

Eine Verschlechterungsbestimmungsroutine bezüglich eines fettkomponentenseitigen Katalysators gemäß der Fig. 53 wird ausgeführt, unmittelbar nachdem die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet (Schritt 961). Unmittelbar nachdem die Verschlechterungsbestimmungsperiode endet schreitet der Vorgang zu Schritt 962 fort. In Schritt 962 wird der Durchschnittswert MINOSIav der Maximalmenge, in der eine Fettkomponente in der Verschlechterungsbestimmungsperiode absorbiert wird gemäß der nachfolgenden Gleichung berechnet, in der die Totaleinströmmenge FRtotal einer Abgasfettkomponente, die Totalausströmmenge RRtotal einer Abgasfettkomponente sowie eine Frequenz nR, in der der Katalysator 27 mit einer Fettkomponente in der Verschlechterungsbestimmungsperiode gesättigt wird, verwendet wird:

$$\text{MINOSIav} = (\text{FRtotal} - \text{RRtotal})/\text{nR}$$

In dem nächsten Schritt 963 wird der gegenwärtige Durchschnittswert MINOSIav der Maximalmenge, in der eine Fettkomponente absorbiert wird, durch den Durchschnittswert MINOSIOav der Maximalmenge einer Fettkomponente, die absorbiert wird, wenn der Katalysator 27 neu ist, dividiert, um einen Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert RDETERIO zu erhalten. In dem nächsten Schritt 965 wird der Katalysatorverschlechterungsgrad-Bestimmungswert RDETERIO mit einem vorbestimmten Verschlechterungsbestimmungswert kR verglichen. Falls RDETERIO < kR, dann wird der Katalysator 27 in Schritt 965 als verschlechtert eingestuft. Wenn andererseits RDETERIO ≥ kR wird diese Routine ohne Einstufung des Katalysators 27 als verschlechtert beendet.

Lediglich eine der Katalysatorverschlechterungs-Bestimmungsroutinen gemäß der Fig. 52 und 53 kann ferner ausgeführt werden. Falls beide Routinen gemäß der Fig. 52 und 53 ausgeführt werden, ist ein Verfahren zur Bestimmung der Verschlechterung des Katalysators 27, wenn die Verschlechterung des Katalysators 27 durch eine der Routinen erfaßt wird als auch ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Verschlechterung des Katalysators 27, wenn die Verschlechterung des Katalysators 27 gleichzeitig durch beide Routinen erfaßt wird, denkbar.

(Weiteres Ausführungsbeispiel)

[Zuführung eines Einspritzzittersignals]

In einer Kraftstoffzittersignal-Zuführoutine gemäß der Fig. 54 wird zuerst in Schritt 971 bestimmt, ob der

Betriebszustand des Motors 11 einem Zustand in einer Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht. Falls er einem Zustand in einer Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht, schreitet der Vorgang zu Schritt 972 fort, wobei eine Kraftstoffziteralsignalfuhr, in welcher die Kraftstoffeinspritzmenge derart variiert wird, daß das Luftkraftstoffverhältnis des Abgases alternierend zwischen den Seiten einer Fettkomponente und einer Magerkomponente um einen vorbestimmten Wert fluktuiert, ausgeführt wird. Falls er nicht dem Zustand in der Verschlechterungsbestimmungsperiode entspricht, wird keine Kraftstoffziteralsignalfuhr ausgeführt. Die Durchschnittswerte MAXOSlav und MINOSIOav der Maximalmenge einer Abgaskomponente, die während der Verschlechterungsbestimmungsperiode durch den Katalysator 27 absorbiert wird, kann präzise berechnet werden durch Ausführen der Kraftstoffziteralsignalfuhr während der Verschlechterungsbestimmungsperiode.

10

Patentansprüche

1. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem mit:
 einer Einströmberechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) für das Berechnen einer Einströmmenge einer Abgaskomponente, die in einen Katalysator (27) einströmt, wenn ein aktuelles Luftkraftstoffverhältnis des Abgases auf einer stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) von einem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis abweicht, einer Ausströmberechnungsvorrichtung (Schritte 336 und 340), für das Berechnen einer Ausströmmenge einer Abgaskomponente, welche aus dem Katalysator (27) ausströmt, wenn ein gegenwärtiges Luftkraftstoffverhältnis des Abgases auf einer stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) von einem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis abweicht und einer Katalysatorzustands-Erfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 bis 354) für das Erfassen eines Zustands des Katalysators (27) basierend auf dem Ergebnis der Prozesse, welche durch die Einströmberechnungs- oder Berechnungsmittel und die Ausströmberechnungs- oder Berechnungsmittel durchgeführt werden.
2. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Einström- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) einen Zentralwert (Schritt 120) für das Luftkraftstoffverhältnis des Abgases auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis verwendet, wenn ein Motor (11) in einem stetigen Zustand betrieben wird und die Ausström- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 336 und 340) einen Zentralwert (Schritt 116) des Luftkraftstoffverhältnisses des Abgases auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis verwendet, wenn der Motor (11) in einem stetigen Zustand betrieben wird.
3. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß
 die Einströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) die Einströmmenge der Abgaskomponente, welche in den Katalysator (27) einströmt, basierend auf einer Differenz zwischen dem gegenwärtigen Luftkraftstoffverhältnis und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses des Abgases auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) und einem Belastungszustand, der an dem Motor (11) anliegt, berechnet und
 die Ausströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 336 und Schritte 330) die Ausströmmenge der Abgaskomponente, welche aus dem Katalysator (27) ausströmt, basierend auf einer Differenz zwischen dem gegenwärtigen Luftkraftstoffverhältnis und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses des Abgases auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) und einem Belastungszustand, der an dem Motor (11) anliegt, berechnet.
4. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß
 die Einströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) eine Einströmmenge einer Fettkomponente des Abgases, welche in den Katalysator (27) einströmt, als die Einströmmenge der Abgasquantität berechnet, wenn das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) auf einer Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses abweicht,
 die Einströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 326 und Schritte 336) eine Einströmmenge einer Magerkomponente des Abgases, welche in den Katalysator (27) einströmt, als die Einströmmenge der Abgaskomponente berechnet, wenn das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) auf eine Seite einer Magerkomponente von dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses abweicht,
 die Ausströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 336 und Schritte 340) einer Ausströmmenge einer Fettkomponente des Abgases, welche aus dem Katalysator (27) ausströmt, als die Ausströmmenge der Abgasmenge berechnet, wenn das gegenwärtige Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) auf eine Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses abweicht und die Ausströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 336 und Schritte 340) einer Ausströmmenge einer Magerkomponente des Abgases, welche aus dem Katalysator (27) ausströmt, als die Ausströmmenge der Abgaskomponente berechnet, wenn das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) auf eine Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses abweicht
 stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) auf eine Seite einer Fettkomponente von dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses abweicht.
5. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die Einströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 805 und 806 und Schritte 809 und 810) eine Molarwerts-Konvertiervorrichtung hat (Schritte 805 und 809) für das Konvertieren der Einströmmenge der Abgaskomponente in einen Molwert einer Fettkomponente oder einer Magerkomponente des Abgases und

die Ausströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 865 und Schritte 866, Schritte 869 und 870) eine Molwert-Konvertiervorrichtung hat (Schritte 865 und 869) für das Konvertieren der Ausströmmenge der Abgaskomponente in einen Molwert einer Fettkomponente oder einer Magerkomponente des Abgases.

6. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die Einströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) eine Verhinderungsvorrichtung (Schritte 321 und 322) für das Verhindern einer Berechnung der Einströmmenge der Abgaskomponente hat, wenn eine Abweichung zwischen dem gegenwärtigen Luftkraftstoffverhältnis und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses des Abgases auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators (27) sich in einem vorbestimmten Bereich befindet und

die Ausströmbetriebs- oder Berechnungsvorrichtung (Schritte 336 und 340) eine Verhinderungsvorrichtung (Schritte 331 und 332) hat für das Verhindern einer Berechnung der Ausströmmenge der Abgaskomponente, wenn eine Abweichung zwischen dem aktuellen Luftkraftstoffverhältnis und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses des Abgases auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators (27) sich in einem vorbestimmten Bereich befindet.

7. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 bis 354) eine Vorrichtung (Schritt 343 und 354) hat für das Erhalten einer aktuellen Menge der Abgaskomponente, welche vom Katalysator (27) absorbiert wird durch Subtrahieren der Ausströmmenge der Abgaskomponente von der Einströmmenge der Abgaskomponente, wenn ein Absolutwert der Ausströmmenge der Abgaskomponente kleiner ist als ein vorbestimmter Wert.

8. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 bis 354) eine Vorrichtung (Schritte 343 und 353) hat für das Erhalten einer maximalen Menge der durch den Katalysator (27) absorbierten Abgaskomponente durch Subtrahieren der Ausströmmenge der Abgaskomponente von der Ausströmmenge der Abgaskomponente, wenn ein Absolutwert der Ausströmmenge der Abgaskomponente gleich oder größer ist als ein vorbestimmter Wert.

9. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 bis 354) folgende Vorrichtungen hat:

eine Realmengen-Erhaltvorrichtung (Schritte 344 und 354) für das Erhalten einer aktuellen Menge der durch den Katalysator (27) absorbierten Abgaskomponente durch Subtrahieren der Ausströmmenge der Abgaskomponente von der Einströmmenge der Abgaskomponente, wenn ein Absolutwert der Ausströmmenge der Abgaskomponente kleiner ist als ein vorbestimmter Wert,

einer Maximalquantitäts-Erhaltvorrichtung (Schritte 343 und 353) für das Erhalten einer maximalen Quantität der durch den Katalysator (27) absorbierten Abgaskomponente durch Subtrahieren der Ausströmmenge der Abgaskomponente von der Einströmmenge der Abgaskomponente, wenn ein Absolutwert der Ausströmmenge der Abgaskomponente gleich oder größer ist als ein vorbestimmter Wert und

eine Katalysatorverschlechterungserfassungsvorrichtung (Schritte 361, 362, 371 und 372) für das Erfassen eines Verschlechterungsgrads des Katalysators (27) durch Vergleichen der maximalen Menge der durch den Katalysator absorbierten Abgaskomponente mit einer maximalen Menge der durch den Katalysator absorbierten Abgasmenge, dann, wenn der Katalysator sich noch nicht verschlechtert hat.

10. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 951 bis 955 und Schritte 961 bis 965) folgende Vorrichtungen hat:

eine Perioden-Einstellvorrichtung (Schritte 951 und 961) für das Festsetzen einer Verschlechterungsbestimmungsperiode während welcher eine Verschlechterung des Katalysators (27) bestimmt wird und

eine Katalysatorverschlechterungsbestimmungsvorrichtung (Schritte 954, 955, 964 und 965) für das Erfassen einer Verschlechterung des Katalysators (27) basierend auf einer Totaleinströmmenge und einer Totalausströmmenge einer Abgaskomponente während der von der Periodeneinstellvorrichtung festgesetzten Verschlechterungsbestimmungsperiode.

11. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 951 bis 955 und Schritte 961 bis 965) folgende Vorrichtungen hat:

eine Sättigungsfrequenz-Zählvorrichtung (Schritte 941 bis 947) für das Zählen einer Frequenz, in welcher der Katalysator (27) mit Mager-/oder Fettkomponenten während der Verschlechterungsbestimmungsperiode gesättigt wird,

einer Maximalmengen-Durchschnittswertsberechnungsvorrichtung (Schritte 952 und 962) für das Berechnen eines Durchschnittswert bezüglich einer Maximalmenge der Mager-/Fettkomponente der durch den Katalysator (27) absorbierten Abgase durch Dividieren einer Maximalmenge, erhalten durch Subtraktion einer Totalausströmmenge der Mager-/Fettkomponente von einer Totaleinströmmenge der Mager-/Fettkomponente während der Verschlechterungsbestimmungsperiode durch die Frequenz, in welcher der Katalysator gesättigt wird, der durch die Sättigungsfrequenzabzählvorrichtung gezählt wird und

eine Katalysatorverschlechterungserfassungsvorrichtung (Schritte 954, 955, 964 und 965) für das Erfassen eines Verschlechterungsgrads des Katalysators (27) basierend auf dem Durchschnittswert der Maximalmenge der Mager-/Fettkomponente, die vom Katalysator absorbiert wurde.

12. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorverschlechterungserfassungsvorrichtung (Schritte 954, 955, 964 und 965) eine Vorrichtung (Schritte 954 und 954) hat für das Erfassen des Verschlechterungsgrades des Katalysators (27) durch Vergleichen des Durchschnittswerts der Maximalmenge der Mager-/Fettkomponente, absorbiert durch den Katalysator, mit einem Durchschnittswert der Maximalmenge der Mager-/Fettkomponente, absorbiert durch den Katalysator, wenn der Katalysator sich noch nicht verschlechtert hat.

13. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 bis 354) einen Zustand des Katalysators basierend auf jeder der Fettkomponenten und Magerkomponenten des Abgases erfaßt.

14. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem mit einem Katalysator (27), der in einer Abgasleitung (26) eines Motors (11) zur Reinigung des aus dem Motor austretenden Abgases vorgesehen ist,

einem stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (28) für das Erfassen des Luftkraftstoffverhältnisses auf einer stromaufwärtigen Seite des Katalysators,

einem stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (29) für das Erfassen des Luftkraftstoffverhältnisses auf einer stromabwärtigen Seite des Katalysators,

einer Einströmberechnungsvorrichtung (Schritte 326 und 330) für das Berechnen einer Einströmmenge einer Abgaskomponente, die in den Katalysator einströmt, und zwar basierend auf einem Ausgangswert des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors (28),

einer Ausströmberechnungsvorrichtung (Schritte 336 und 340) für das Berechnen einer Ausströmmenge einer Abgaskomponente, die aus dem Katalysator auströmt und zwar basierend auf einem Ausgangswert des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors (29) und

einer Katalysatorzustandserfassungsvorrichtung (Schritte 341 bis 344 und Schritte 351 und 354) für das Erfassen eines Zustandes des Katalysators basierend auf der Einströmmenge der Abgaskomponente und der Ausströmmenge der Abgaskomponente, die jeweils durch die Einströmberechnungsvorrichtung und die Ausströmberechnungsvorrichtung berechnet sind.

15. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß

der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor (29) Ausgangskennlinien hat, wonach dessen Ausgangssignal linear variiert entsprechend dem Luftkraftstoffverhältnis des Abgases, während eine Betriebsspannung daran angelegt ist, wobei dessen Ausgangswert in Abhängigkeit vom Luftkraftstoffverhältnis invertiert wird, welches fett oder mager ist, während die Betriebsspannung nicht daran angelegt ist,

die Ausströmberechnungsvorrichtung (Schritte 336 und 340) die Ausströmmenge der Abgaskomponente, welche aus dem Katalysator auströmt, basierend auf einer Differenz zwischen einem Luftkraftstoffverhältnis, erfaßt durch den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (29) und einem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses, erfaßt durch den stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor berechnet, wenn der Motor in einem stetigen Zustand betrieben wird und ein Belastungszustand an dem Motor (11) vorherrscht und

eine Bestimmungsvorrichtung (Schritt 704) vorgesehen ist für das Bestimmen, ob das Luftkraftstoffverhältnis erfaßt ist, um den Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses basierend auf einem Ausgangssignal des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors zu berechnen, wenn die Betriebsspannung nicht an dem stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor (29) angelegt ist.

16. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch eine Ausgangswertkorrekturvorrichtung (Schritt 300) für das Korrigieren eines Ausgangssignals des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend auf einem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses, das erhalten wird, wenn der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor sich nicht verschlechtert hat, wobei der Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses in der Ausströmberechnungsvorrichtung berechnet wird.

17. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für eine Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß

der stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor (29) ein Sauerstoffsensor ist, dessen Ausgangsspannung in Abhängigkeit vom Luftkraftstoffverhältnis des Abgases invertiert, welches fett oder mager ist, und ferner gekennzeichnet ist durch

eine Ausgangssignallinearisierungsvorrichtung (Schritt 859) für das Konvertieren der Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors in ein Luftkraftstoffverhältnis durch Linearisieren der Ausgangsspannung.

18. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch stromaufwärtige und stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensoren (28 und 29), die jeweils an einer stromaufwärtigen Seite und einer stromabwärtigen Seite eines Katalysators (27) installiert sind, der in einer Abgasleitung (26) eines Motors (11) vorgesehen ist, um Abgase zu reinigen, eine Vorrichtung (Schritt 119b) für das Berechnen eines Zentralwerts des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators basierend auf einem Ausgangssignal des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors,

eine Vorrichtung (Schritt 115) für das Berechnen eines Zentralwerts des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators, basierend auf einem Ausgangssignal der stromabwärtigen Luft-

kraftstoffverhältnissensors eine Vorrichtung (Schritt 121) für Berechnen eines Fehlers zwischen dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators sowie eine Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 122 und 123) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors oder des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend darauf, ob sich der Fehler in einem vorbestimmten Bereich befindet. 5

19. Abnormalitätsbestimmungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch eine stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 201 bis 218) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors. 10

20. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt basierend auf einer Änderung des durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnisses oder eines Steuerungsparameters, der sich entsprechend der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses ebenfalls ändert. 15

21. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch,

eine Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritt 101) für das Berechnen einer Grundeinspritzmenge (T_p) entsprechend einem Betriebszustand des Motors, eine Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert-Einstellvorrichtung (Schritte 103 und 104) für das Einstellen eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts (FAF) entsprechend einer Abweichung zwischen einem vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnis und einem Zielluftkraftstoffverhältnis und 20

einer Einspritzsteuerungsvorrichtung (Schritt 105) für das Steuern der Kraftstoffeinspritzmenge, die zum Motor gefördert wird, und zwar basierend auf der Grundeinspritzmenge und dem Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert, wobei 25

die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt basierend auf einer Änderung des vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnisses, wenn sich die Grundeinspritzmenge plötzlich verändert. 30

22. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch

eine Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritt 101) für das Berechnen einer Grundeinspritzmenge entsprechend einem Betriebszustand des Motors,

eine Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung (Schritte 103 und 104) für das Einstellen eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts entsprechend einer Abweichung zwischen einem vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnis und einem Zielluftkraftstoffverhältnis sowie 35

eine Einspritzsteuerungsvorrichtung (Schritt 105) für das Steuern der dem Motor zugeführten Kraftstoffeinspritzmenge basierend auf der Grundeinspritzmenge und dem Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert, wobei die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend auf einer Änderung eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts bestimmt, der durch die Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung eingestellt wurde, falls die Grundeinspritzmenge plötzlich variiert. 40

23. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch eine Zielluftkraftstoffverhältnis-Einstellvorrichtung (Schritt 103) für das Einstellen eines Zielluftkraftstoffverhältnisses entsprechend einem Betriebszustand des Motors, wobei die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 215) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors durch Vergleichen einer Änderung des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts, eingestellt durch die Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung mit einer Änderung des Zielluftkraftstoffverhältnisses, eingestellt durch die Zielluftkraftverhältnis-Einstellvorrichtung, falls das Zielluftkraftstoffverhältnis sich plötzlich ändert. 45

24. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch

einer Einspritzmengen-Korrekturvorrichtung (Schritt 421) für das Erhöhen oder Verringern einer Einspritzmenge entsprechend einem Betriebszustand des Motors und 50

einer Totalkorrekturmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritte 423 und 424) für das Berechnen einer Totalkorrekturmenge für die Grundeinspritzmenge, berechnet durch die Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung, wenn die Einspritzmenge durch die Einspritzmengenkorrekturvorrichtung korrigiert wird, wobei die stromaufwärtige 60

Sensorabnormalitätserfassungsvorrichtung (Schritt 409) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt durch Vergleichen der Totalkorrekturmenge, berechnet durch die Totalkorrekturmengenberechnungsvorrichtung und einer Änderung der Luftkraftstoffverhältnisses, erfaßt durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor, wenn die Einspritzmenge erhöht oder verringert wird durch die Einspritzmengenkorrekturvorrichtung. 65

25. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrektursystem nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch

eine Amplitudenerfassungsvorrichtung (Schritte 504 bis 507) für das Erfassen einer Fluktuationsamplitude

des Luftkraftstoffverhältnisses, welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßt worden ist,

die Abnormalitätsbestimmungsvorrichtung für den stromaufwärtigen Sensor (Schritt 510) für die Bestimmung der Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend auf der Fluktuationsamplitude des Luftkraftstoffverhältnisses, die durch die Amplitudenerfassungsvorrichtung erfaßt wird, wenn ein Betriebszustand des Motors sich in einem vorübergehenden Zustand befindet.

26. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bestimmungsvorrichtung (Schritte 221 bis 224) vorgesehen ist, für die Bestimmung, welcher der Sensoren, nämlich der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor und der stromabwärtige Luftkraftverhältnissensor abnormal ist basierend auf einem Ergebnis, welches durch die Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung erhalten wurde und einem Ergebnis, welches durch die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung erhalten wurde.

27. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem bei dem stromaufwärtige und stromabwärtige Luftkraftstoffverhältnissensoren (28 und 29) jeweils auf einer stromaufwärtigen Seite und einer stromabwärtigen Seite eines Katalysators (27) installiert sind, der in einer Abgasleitung (26) eines Motors (11) angeordnet ist, um ein Abgas zu reinigen, mit

einer Vorrichtung (Schritt 119b) für das Berechnen eines Zentralwerts des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators basierend auf einem Ausgangssignals des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors,

einer Vorrichtung (Schritt 121) für das Berechnen eines Fehlers zwischen dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromaufwärtigen Seite des Katalysators und dem Zentralwert des Luftkraftstoffverhältnisses auf der stromabwärtigen Seite des Katalysators sowie

einer Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 122 und 123) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors oder des stromabwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend darauf, ob sich der Fehler in einem vorbestimmten Bereich befindet.

28. Abnormalitätsbestimmungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch eine stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 201 bis 218) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors.

29. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt basierend auf einer Änderung des durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnisses oder eines Steuerungsparameters, der sich entsprechend der Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses ebenfalls ändert.

30. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 29, gekennzeichnet durch,

eine Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritt 101) für das Berechnen einer Grundeinspritzmenge (T_p) entsprechend einem Betriebszustand des Motors,

eine Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert Einstellvorrichtung (Schritte 103 und 104) für das Einstellen eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts (FAF) entsprechend einer Abweichung zwischen einem vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnis und einem Zielluftkraftstoffverhältnis und

einer Einspritzsteuerungsvorrichtung (Schritt 105) für das Steuern der Kraftstoffeinspritzmenge, die zum Motor gefördert wird, und zwar basierend auf der Grundeinspritzmenge und dem Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert, wobei

die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritte 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt basierend auf einer Änderung des vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnisses, wenn sich die Grundeinspritzmenge plötzlich verändert.

31. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 29, gekennzeichnet durch

eine Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritt 101) für das Berechnen einer Grundeinspritzmenge entsprechend einem Betriebszustand des Motors,

eine Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung (Schritte 103 und 104) für das Einstellen eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts entsprechend einer Abweichung zwischen einem vom stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßten Luftkraftstoffverhältnis und einem Zielluftkraftstoffverhältnis sowie

eine Einspritzsteuerungsvorrichtung (Schritt 105) für das Steuern der dem Motor zugeführten Kraftstoffeinspritzmenge basierend auf der Grundeinspritzmenge und dem Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwert, wobei

die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 201 bis 218) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend auf einer Änderung eines Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts bestimmt, der durch die Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung eingestellt wurde, falls die Grundeinspritzmenge plötzlich variiert.

32. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 30, gekennzeichnet durch

eine Zielluftkraftstoffverhältnis-Einstellvorrichtung (Schritt 103) für das Einstellen eines Zielluftkraftstoff-

verhältnisse entsprechend einem Betriebszustand des Motors, die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung (Schritt 215) für das Bestimmen einer Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors durch Vergleichen einer Änderung des Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerts, eingestellt durch die Luftkraftstoffverhältnis-Korrekturwerteinstellvorrichtung mit einer Änderung des Zielluftkraftstoffverhältnisses, eingestellt durch die Zielluftkraftverhältnis-Einstellvorrichtung, falls das Zielluftkraftstoffverhältnis sich plötzlich ändert. 5

33. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 30, gekennzeichnet durch

einer Einspritzmengen-Korrekturvorrichtung (Schritt 421) für das Erhöhen oder Verringern einer Einspritzmenge entsprechend einem Betriebszustand des Motors und 10

einer Totalkorrekturmengen-Berechnungsvorrichtung (Schritte 423 und 424) für das Berechnen einer Totalkorrekturmenge für die Grundeinspritzmenge, berechnet durch die Grundeinspritzmengen-Berechnungsvorrichtung, wenn die Einspritzmenge durch die Einspritzmengenkorrekturvorrichtung korrigiert wird, wobei

die stromaufwärtige Sensorabnormalitätserfassungsvorrichtung (Schritt 409) die Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt durch Vergleichen der Totalkorrekturmenge, berechnet durch die Totalkorrekturmengenberechnungsvorrichtung und einer Änderung der Luftkraftstoffverhältnisses, erfaßt durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor, wenn die Einspritzmenge erhöht oder verringert wird durch die Einspritzmengenkorrekturvorrichtung. 15

34. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Korrektursystem nach Anspruch 30, gekennzeichnet durch eine Amplitudenerfassungsvorrichtung (Schritte 504 bis 507) für das Erfassen einer Fluktuationsamplitude des Luftkraftstoffverhältnisses, welches durch den stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensor erfaßt worden ist, wobei

die Abnormalitätsbestimmungsvorrichtung für den stromaufwärtigen Sensor (Schritt 510) für die Bestimmung der Abnormalität des stromaufwärtigen Luftkraftstoffverhältnissensors basierend auf der Fluktuationsamplitude des Luftkraftstoffverhältnisses, die durch die Amplitudenerfassungsvorrichtung erfaßt wird, wenn ein Betriebszustand des Motors sich in einem vorübergehenden Zustand befindet. 20

35. Abnormalitätserfassungsvorrichtung für ein Luftkraftstoffverhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bestimmungsvorrichtung (Schritte 221 bis 224) vorgesehen ist, für die Bestimmung, welcher der Sensoren, nämlich der stromaufwärtige Luftkraftstoffverhältnissensor und der stromabwärtige Luftkraftverhältnissensor abnormal ist basierend auf einem Ergebnis, welches durch die Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung erhalten wurde und einem Ergebnis, welches durch die stromaufwärtige Sensorabnormalitätsbestimmungsvorrichtung erhalten wurde. 25

Hierzu 44 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

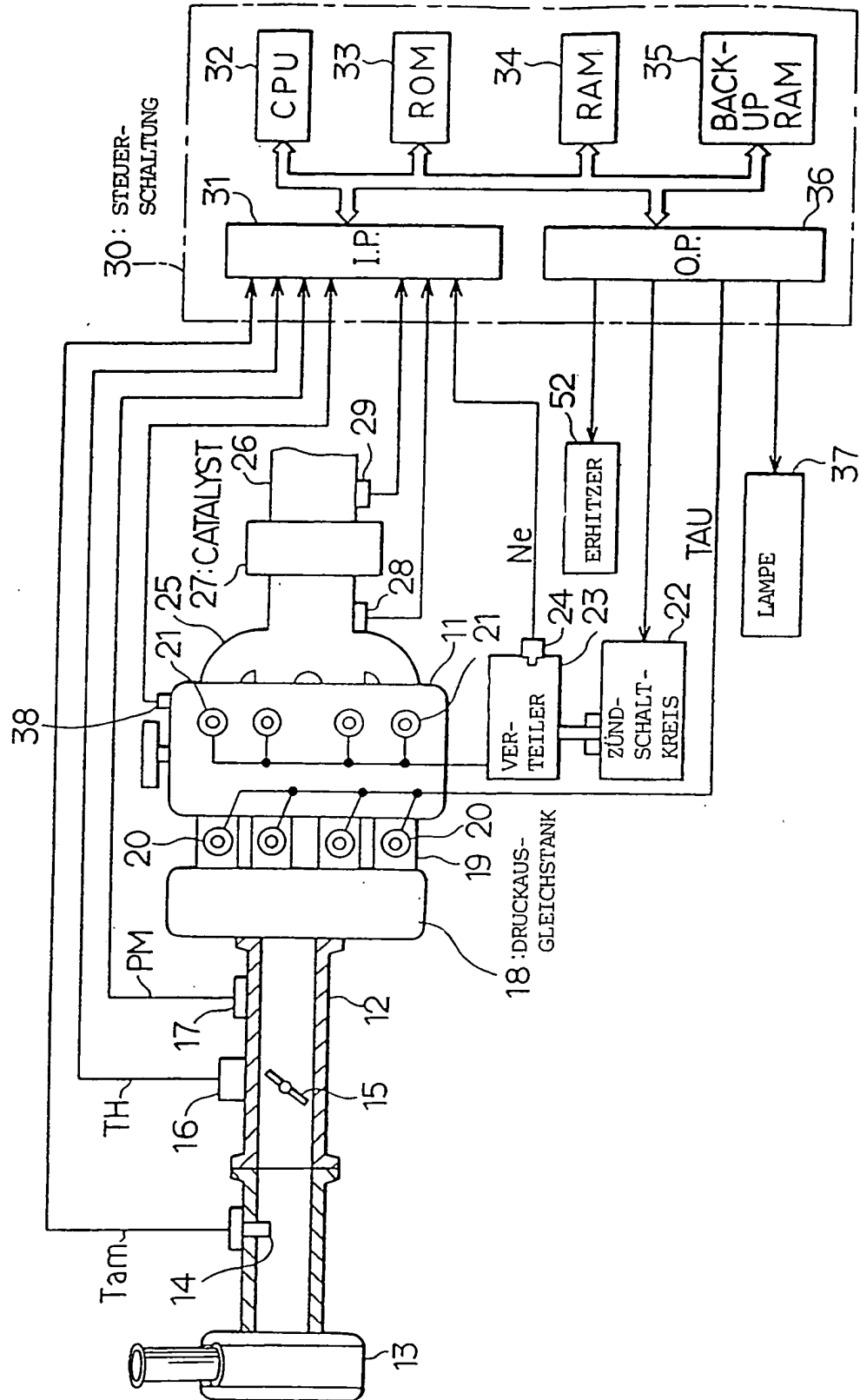


FIG. 2

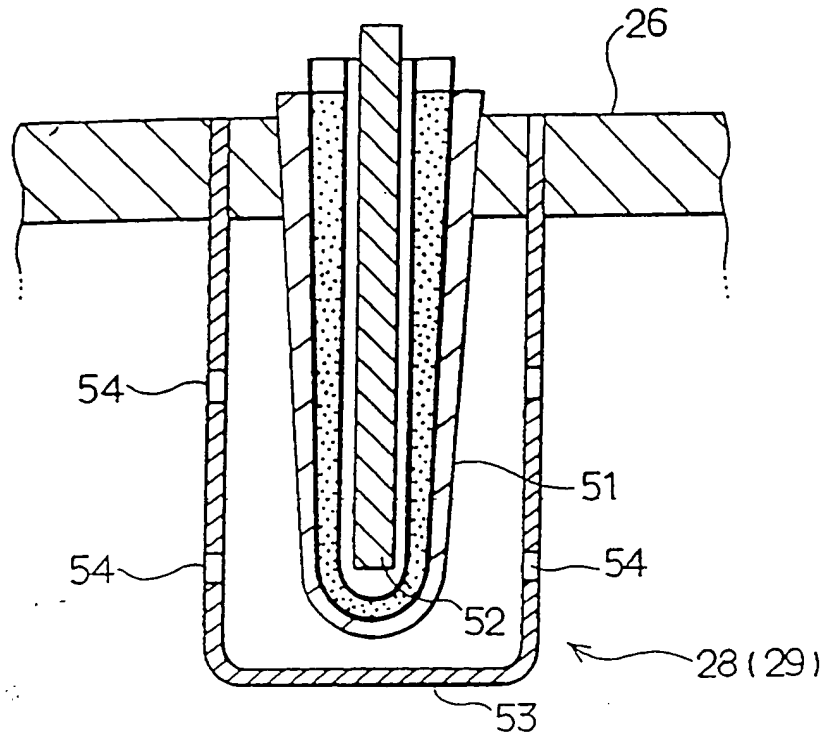


FIG. 3

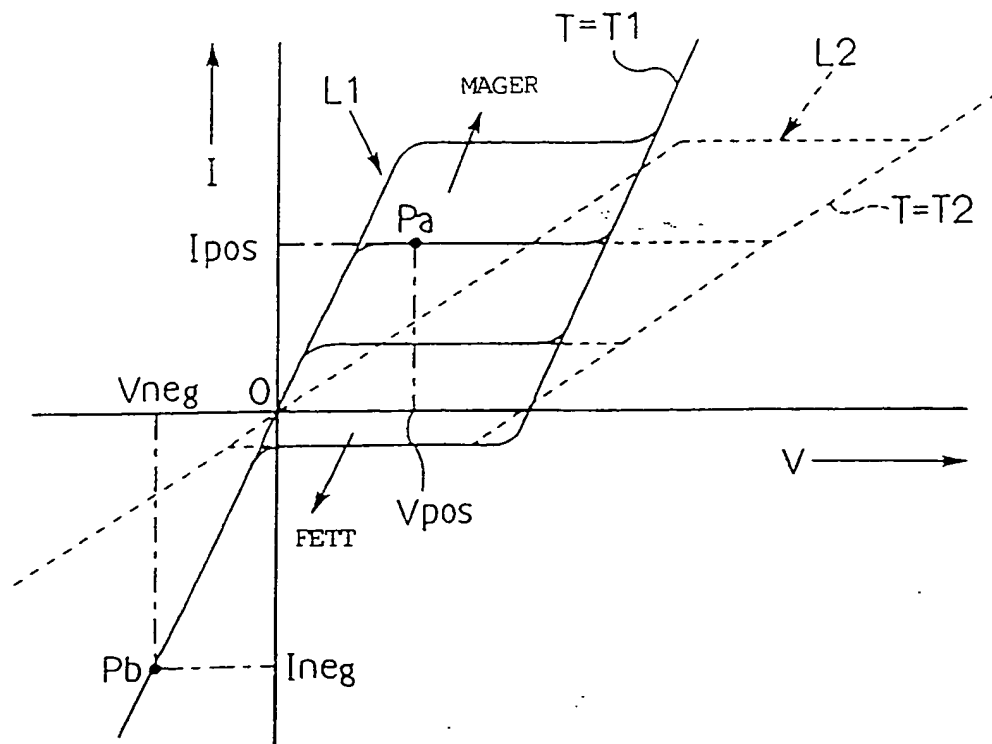


FIG. 4

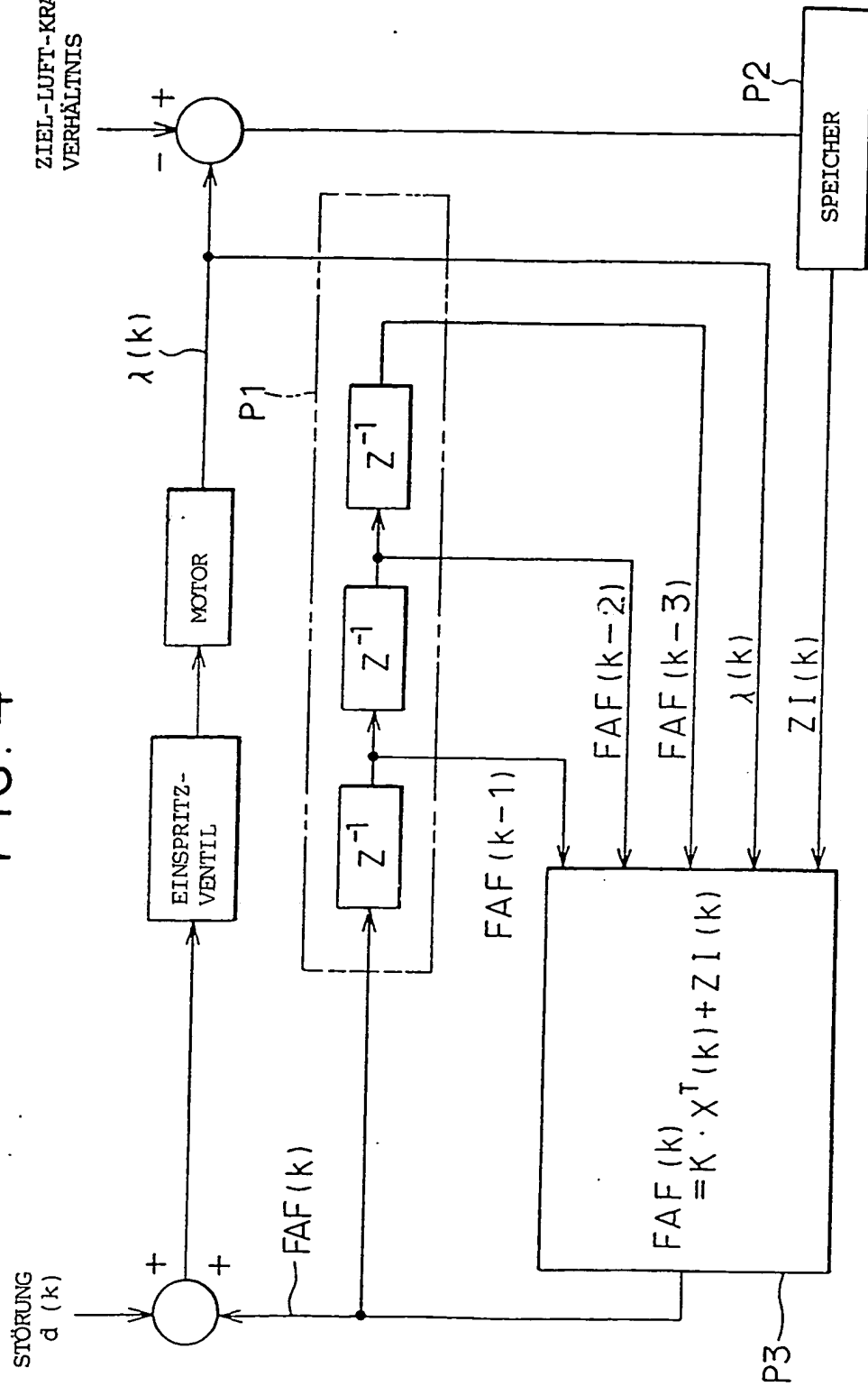


FIG. 5

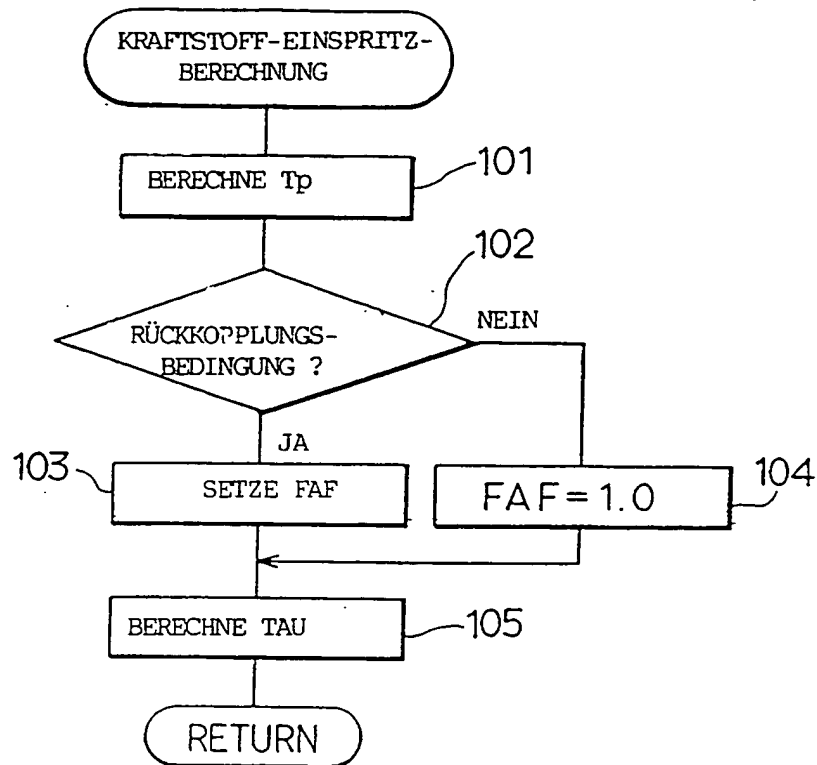


FIG. 6

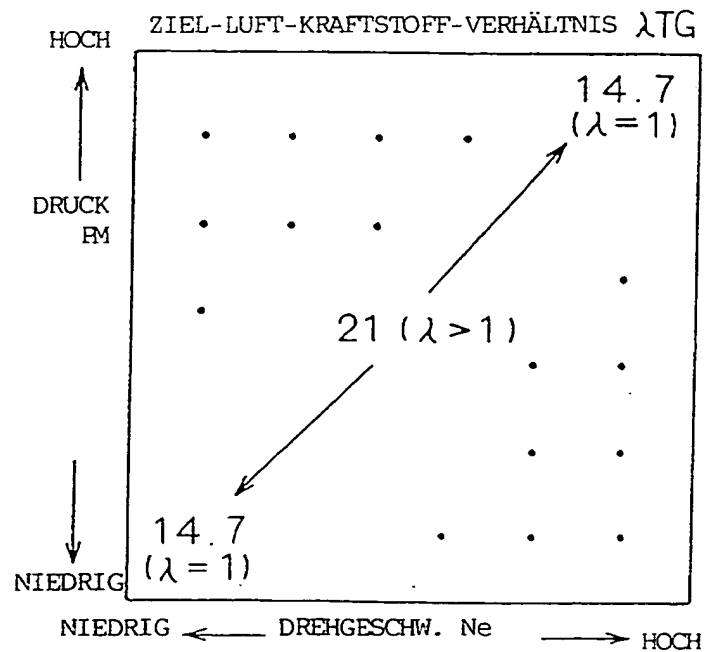


FIG. 7

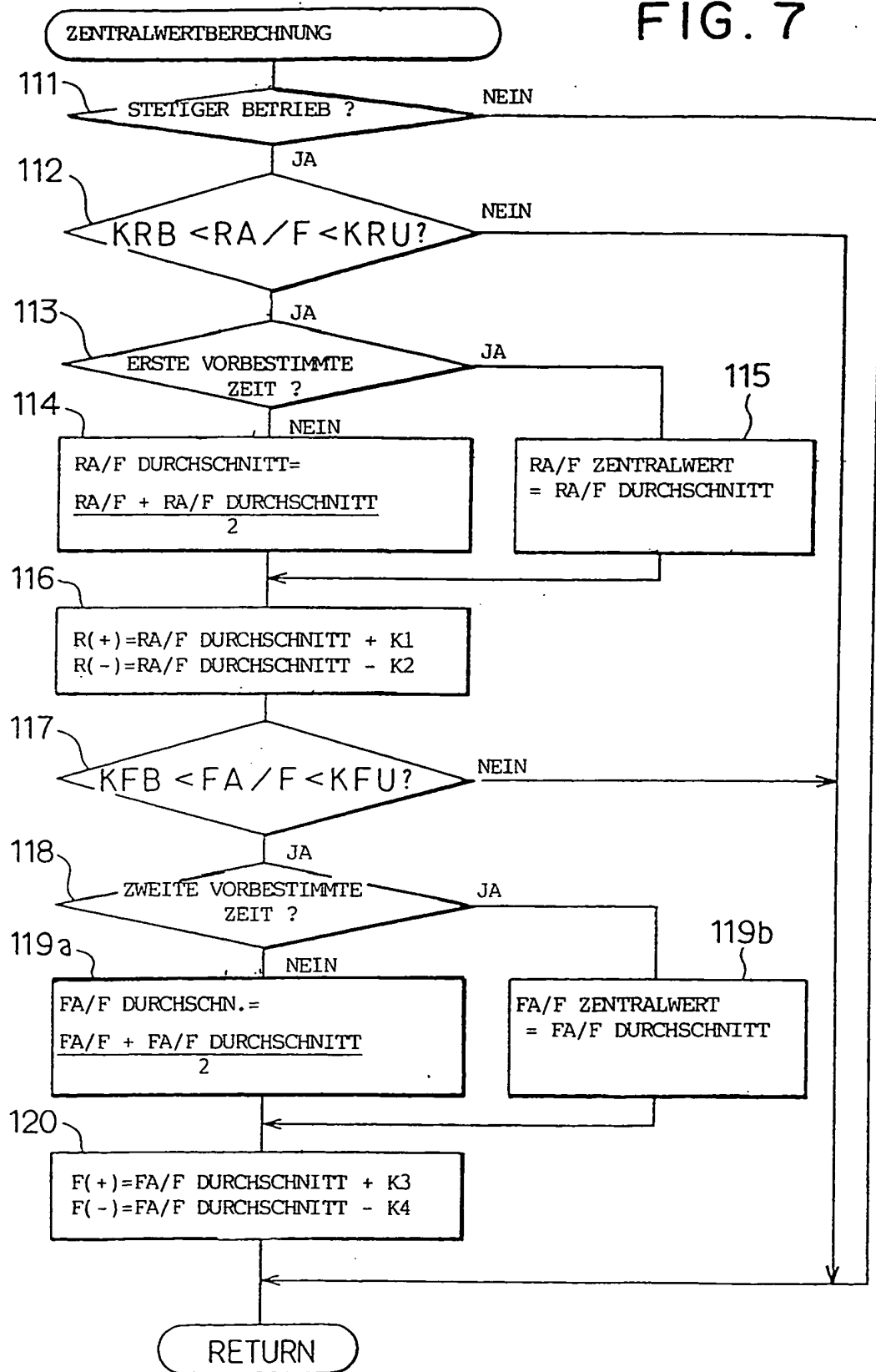


FIG. 8

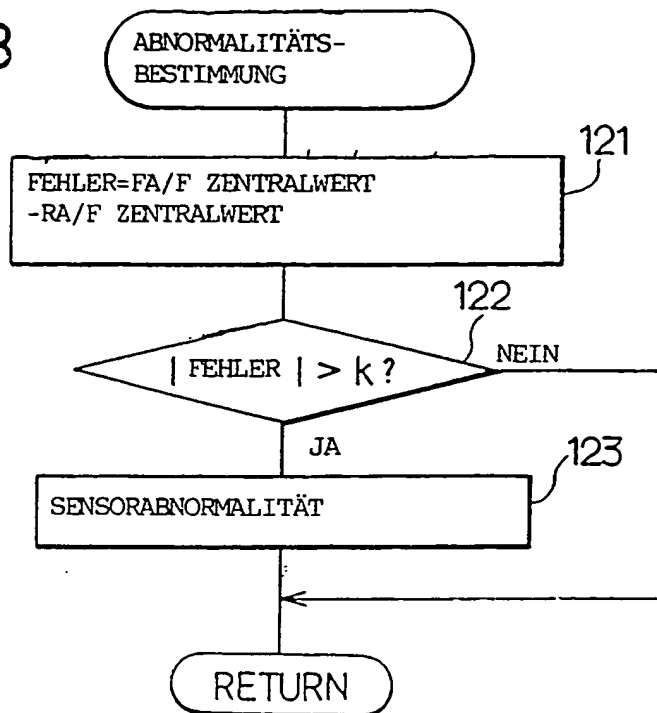


FIG. 10

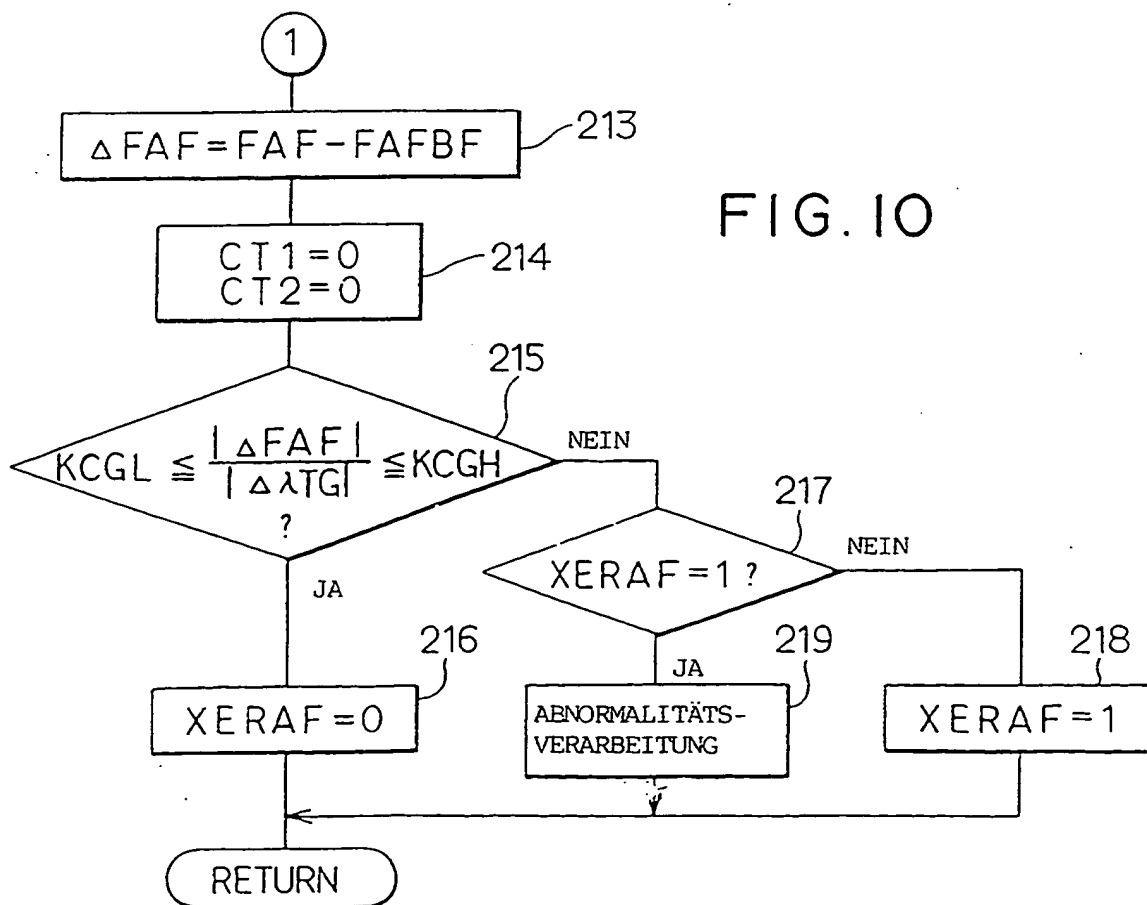


FIG. 9

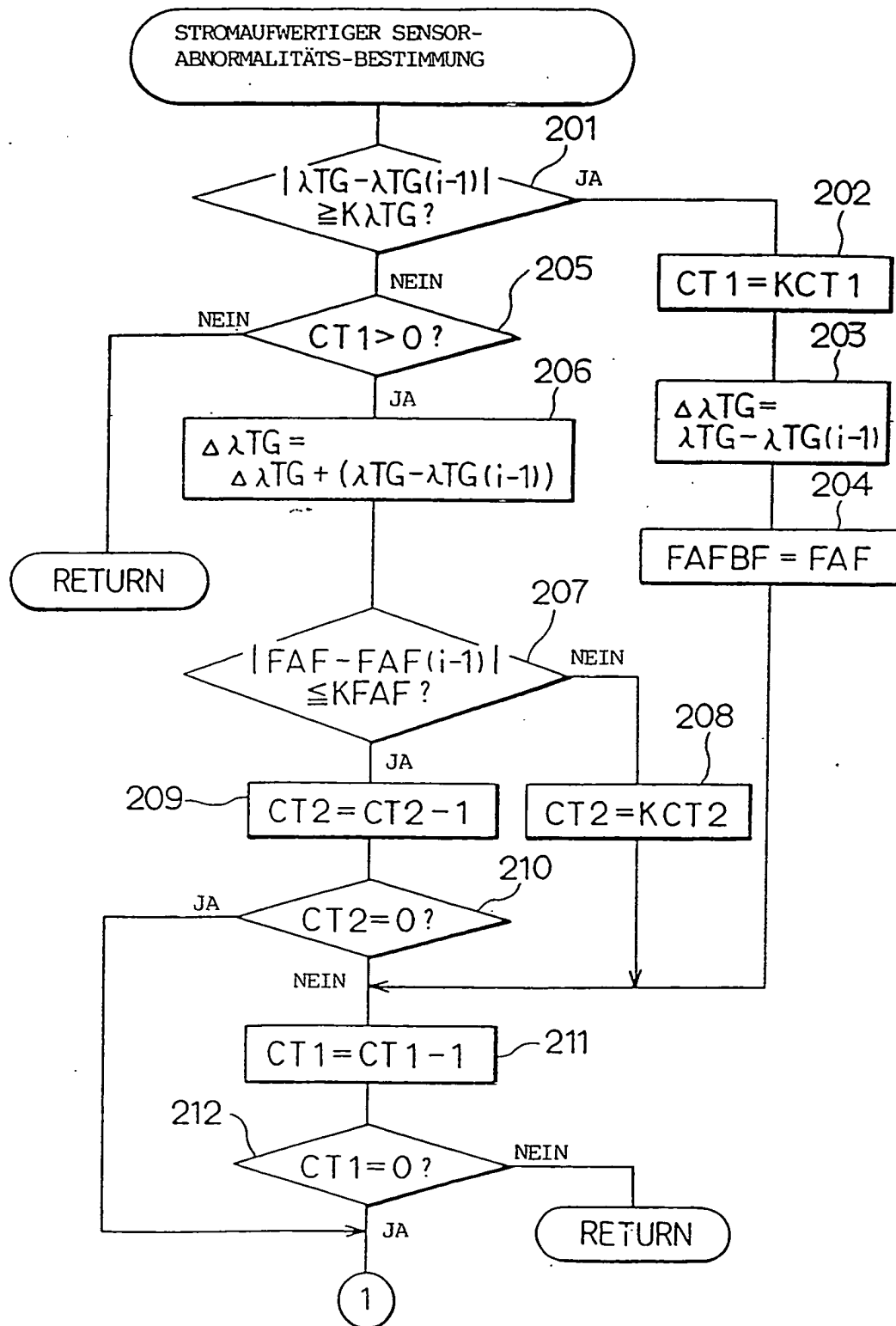


FIG. IIA

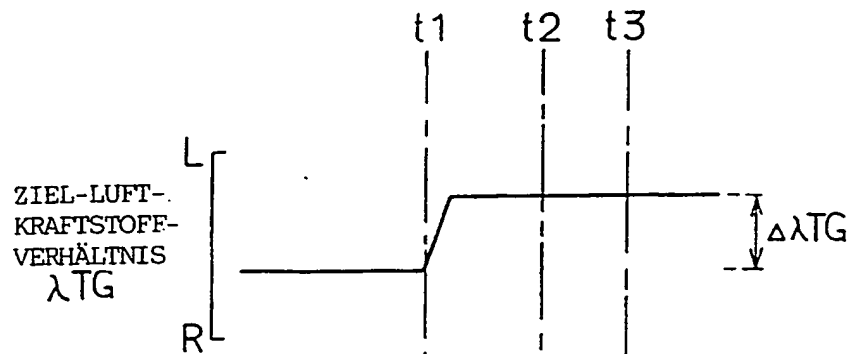


FIG. IIB

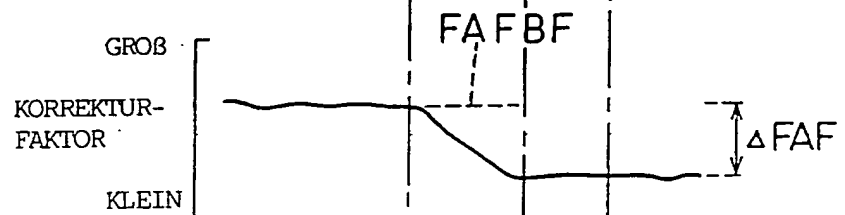


FIG. IIC

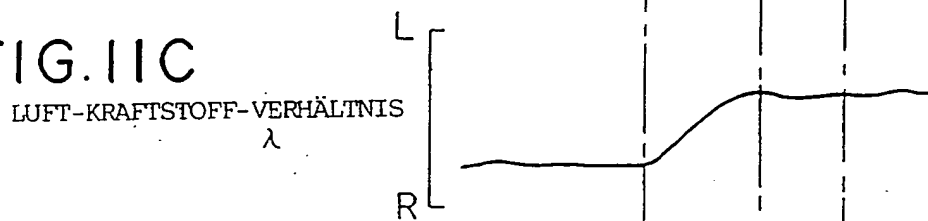


FIG. IID

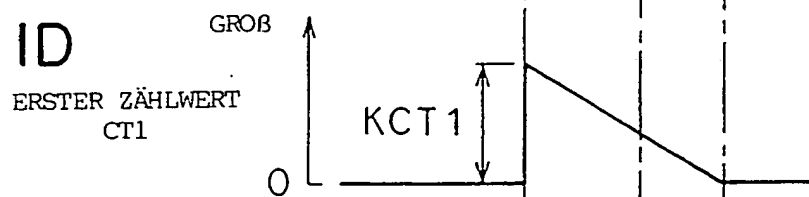
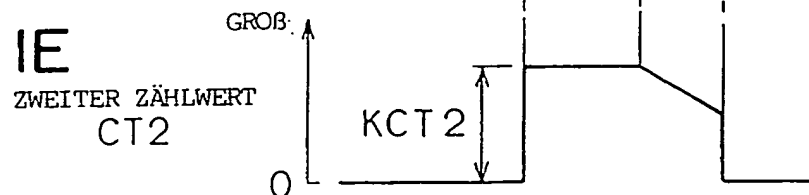


FIG. IIE



ZEIT

FIG. 12

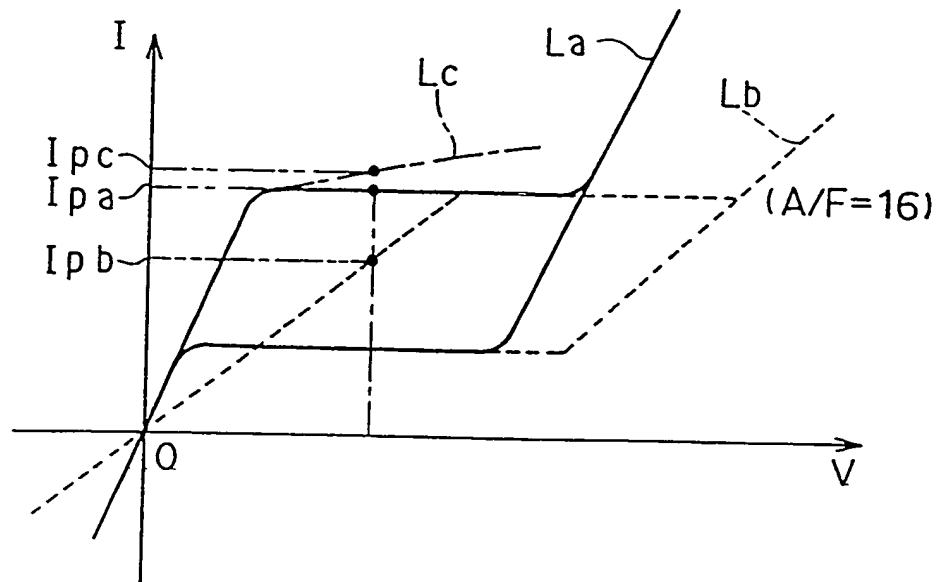


FIG. 13

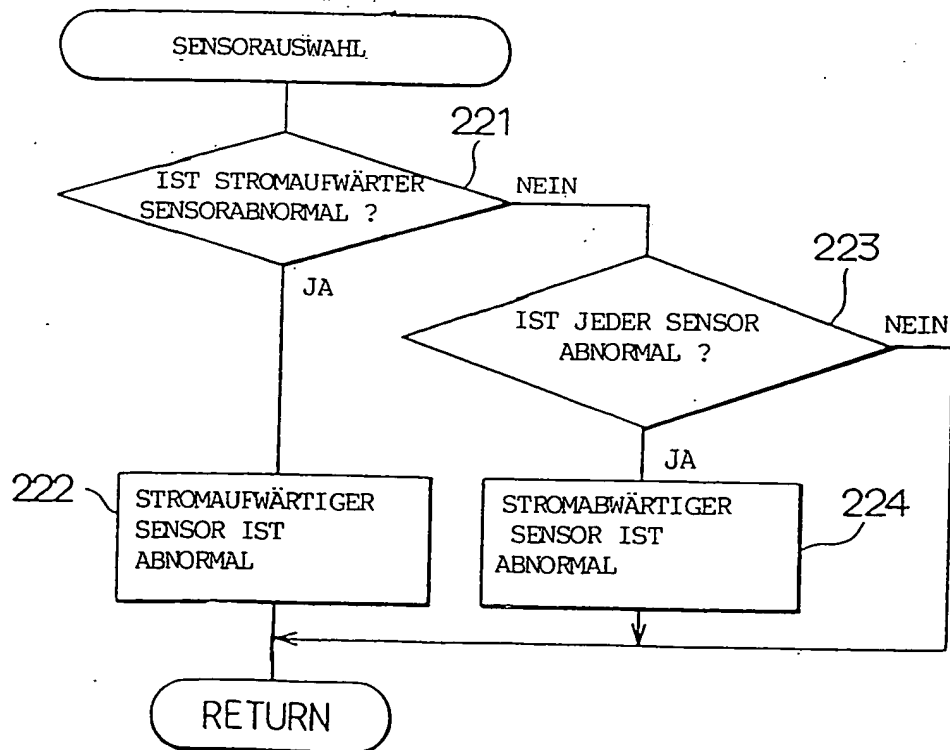


FIG. 14

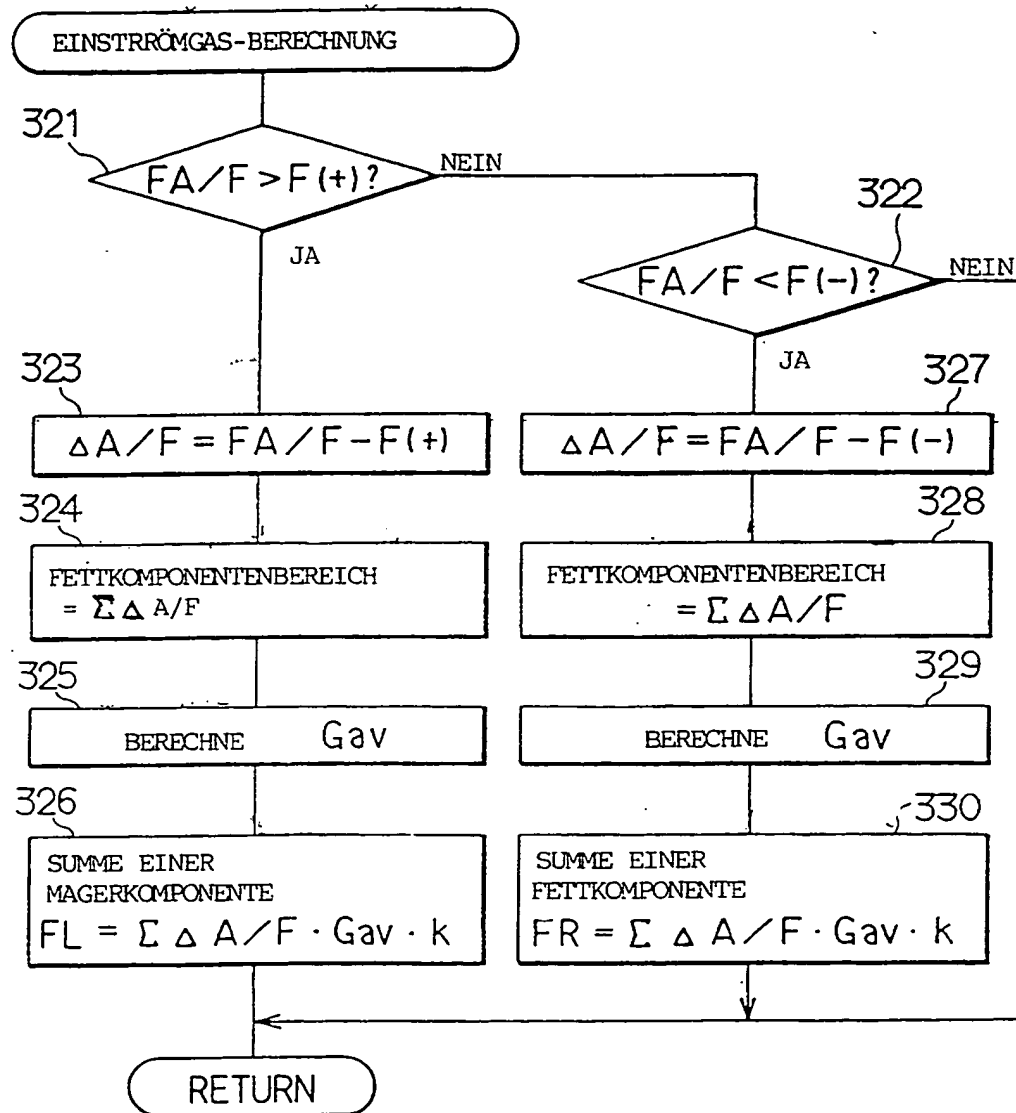
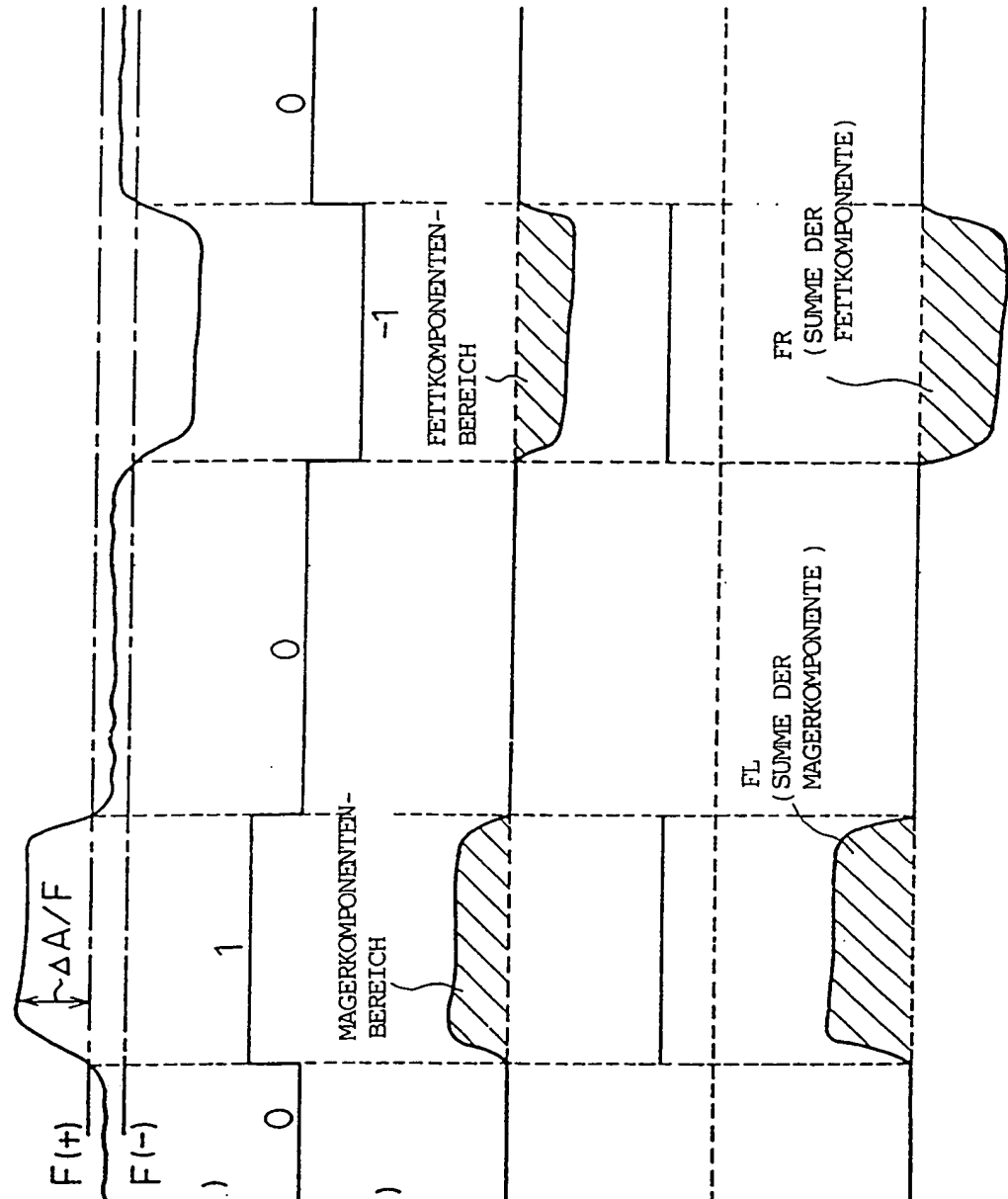


FIG. 15A



FA/F

FIG. 15B

(MAGER)
1
0
-1
(FETT)

FLAG F

FIG. 15C

$\Sigma \Delta A/F$

FIG. 15D

$Gav \cdot k$

FIG. 15E

$\Sigma \Delta A/F \cdot Gav \cdot k$

FL
(SUMME DER
MAGERKOMponente)

FR
(SUMME DER
FETTKOMponente)

FIG. 16

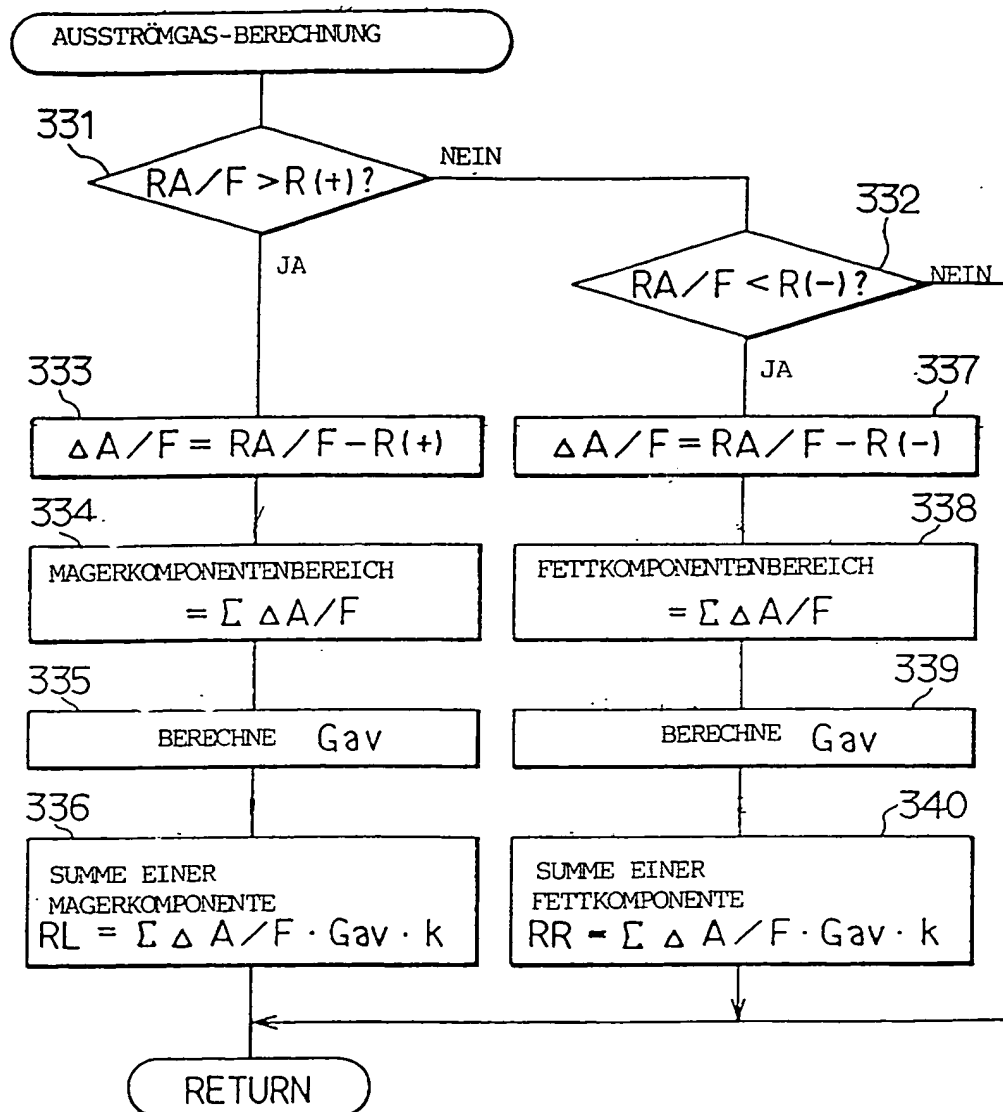


FIG. 17

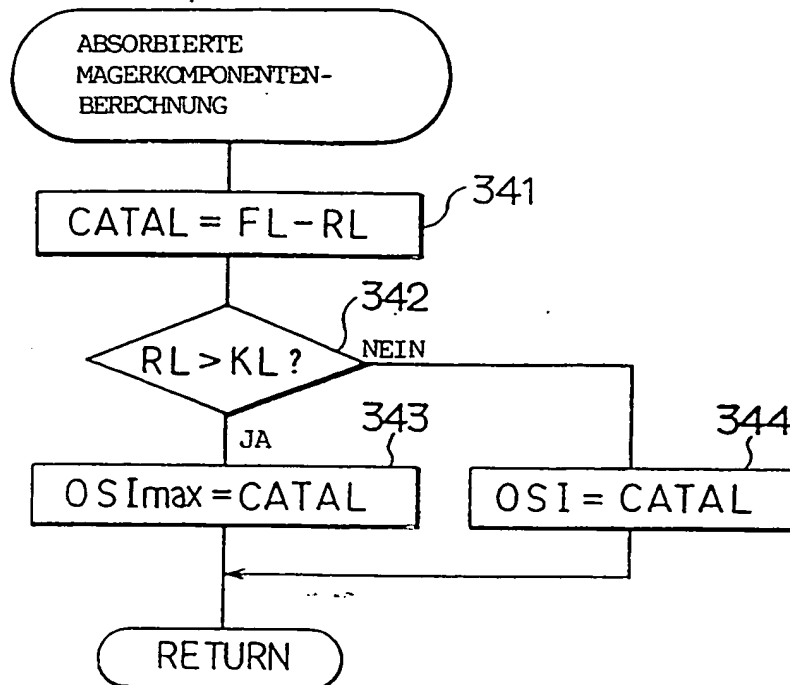


FIG. 18

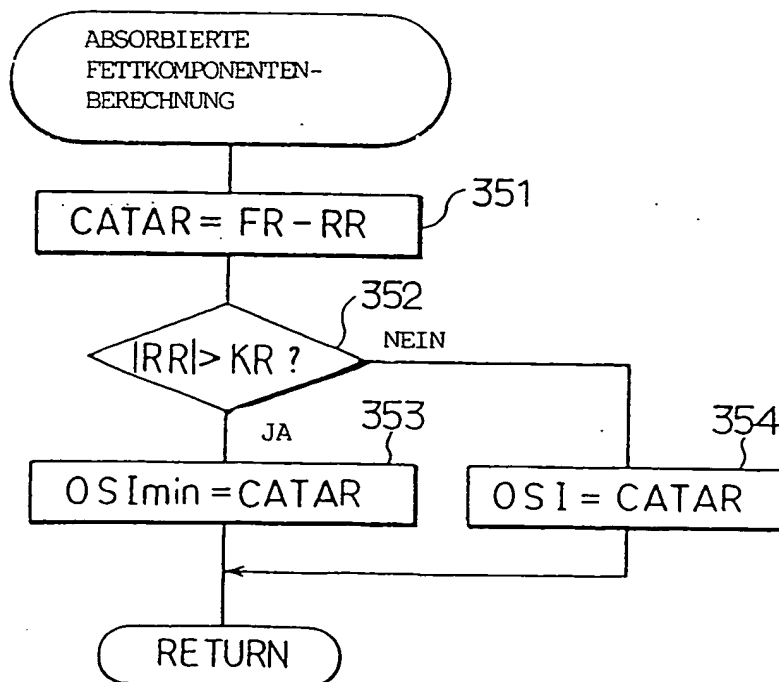


FIG. 19

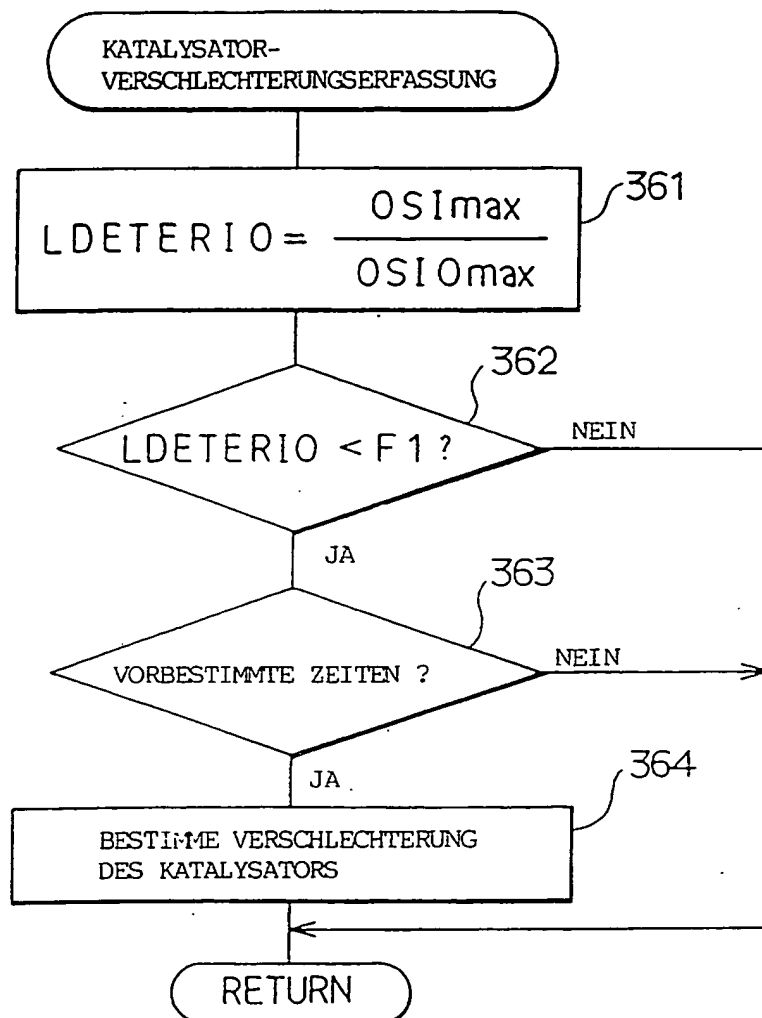
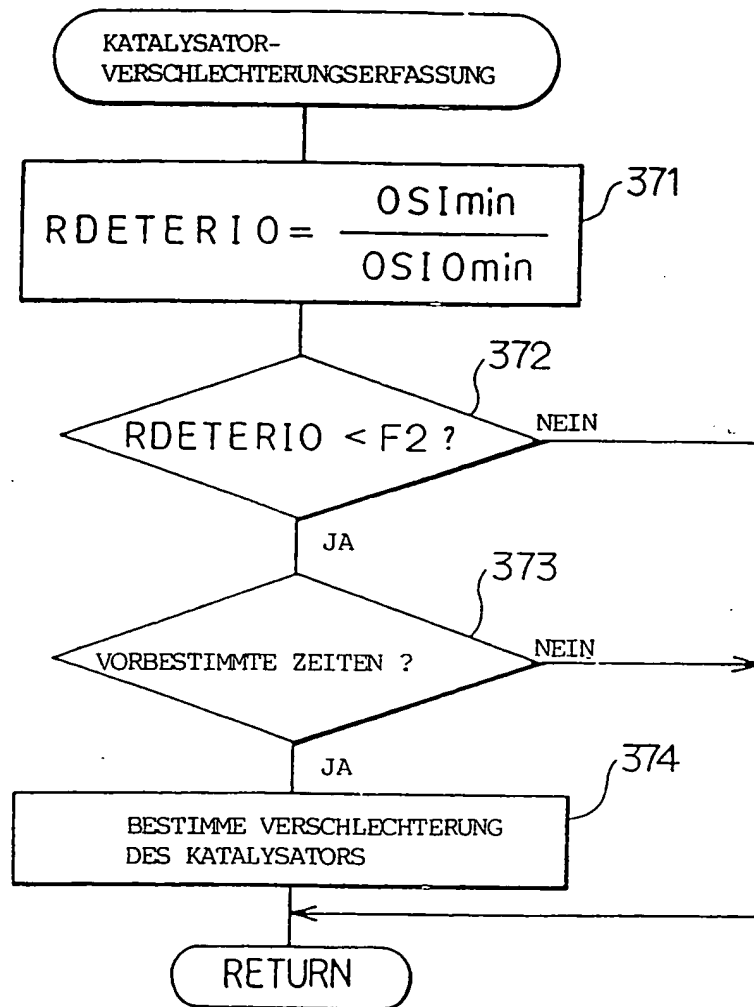


FIG. 20



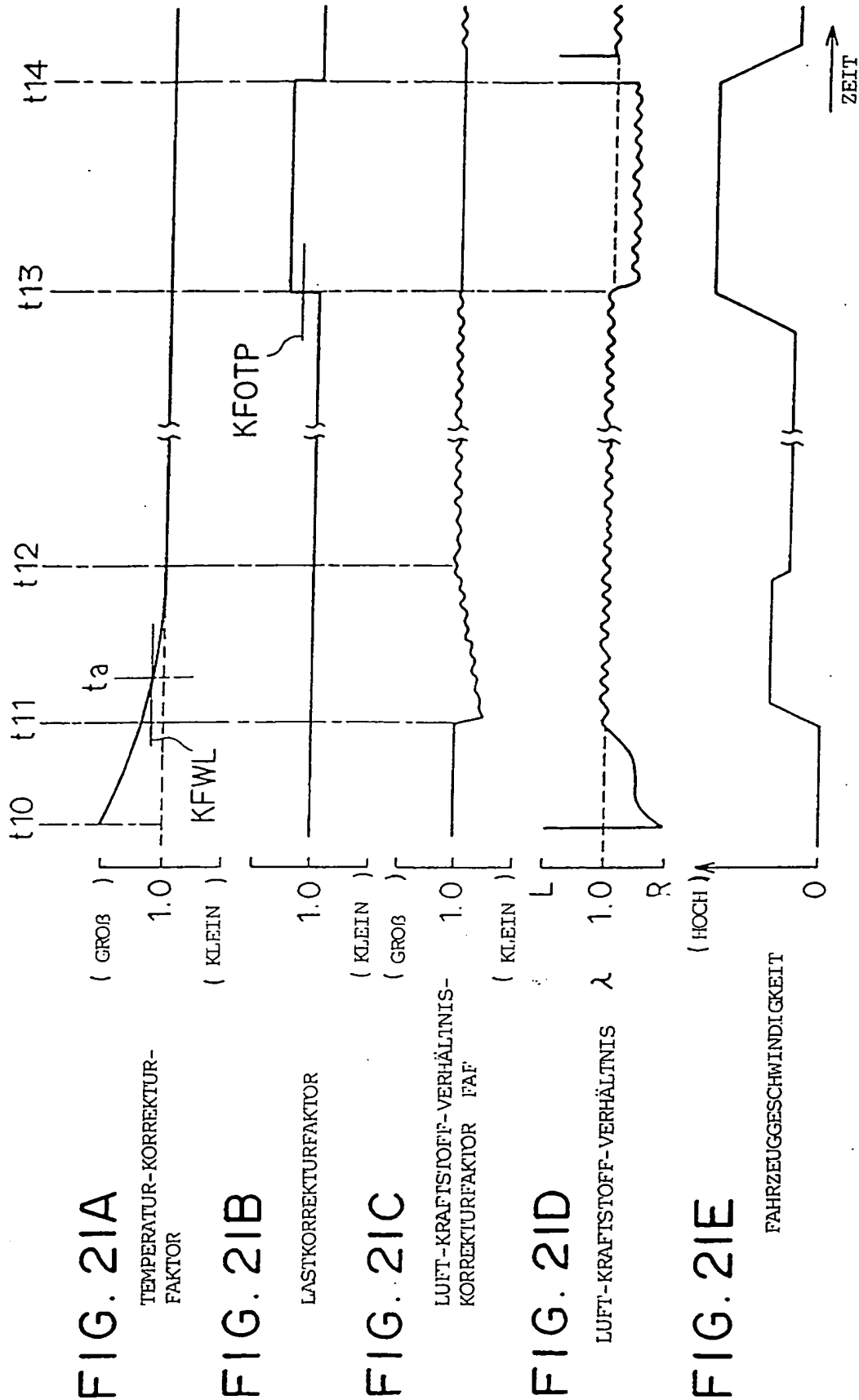


FIG. 22

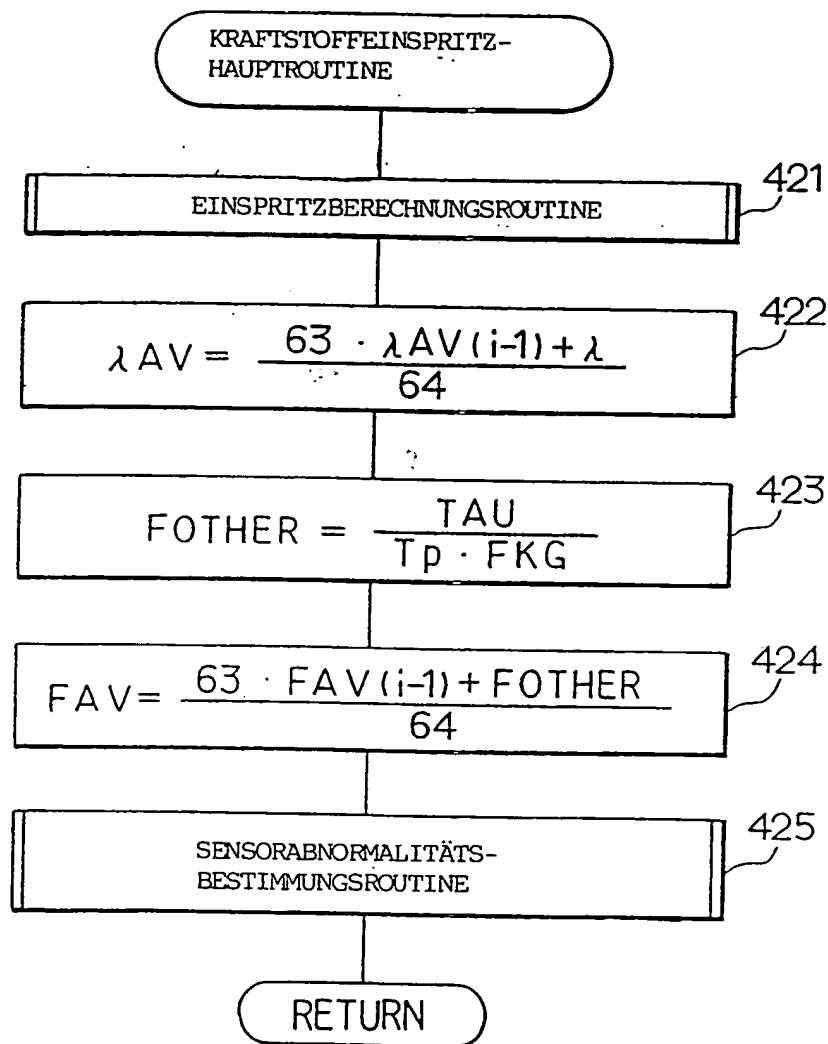


FIG. 23

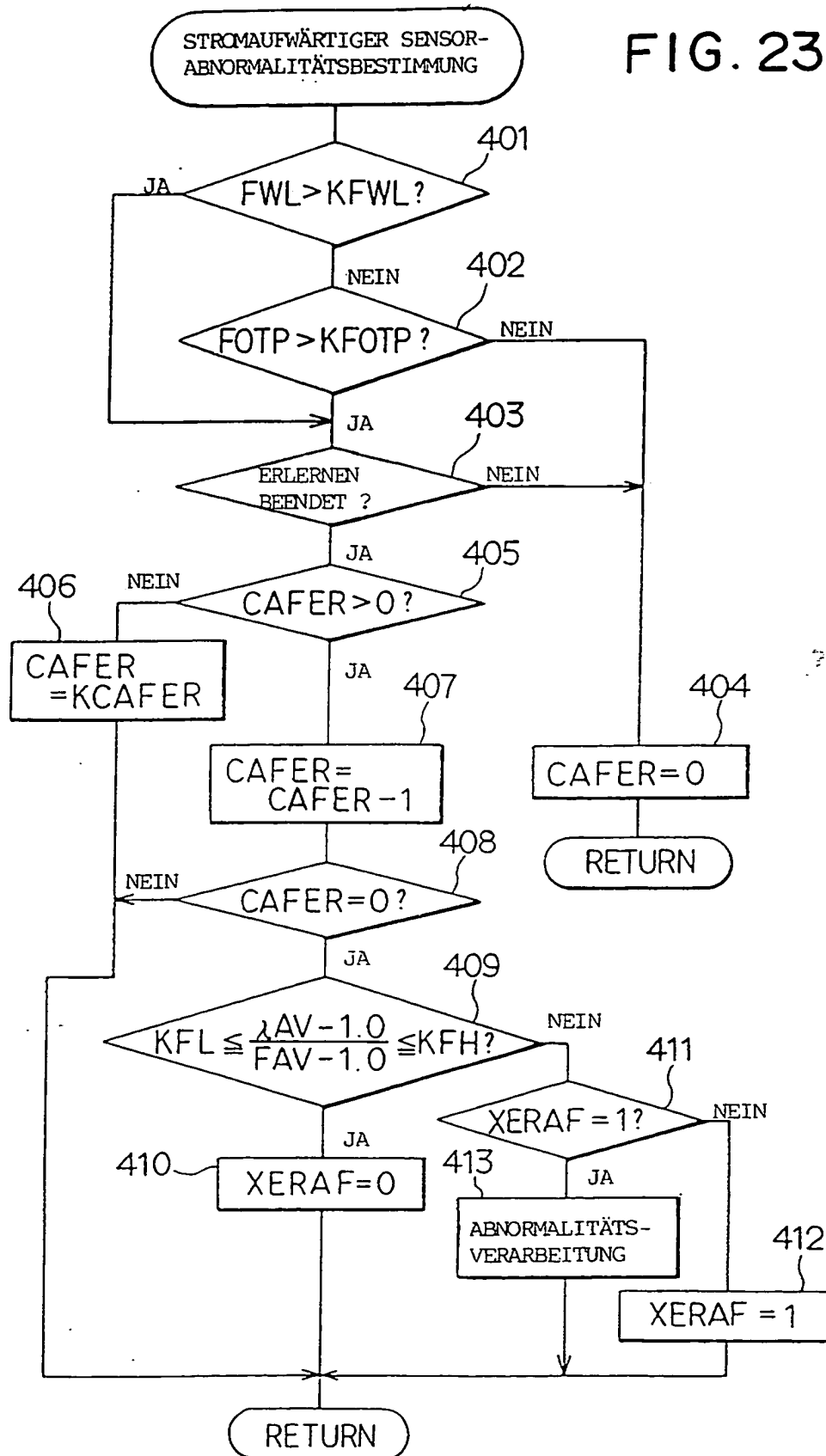


FIG. 24A

LUFT-KRAFTSTOFF-
VERHÄLTNIS λ

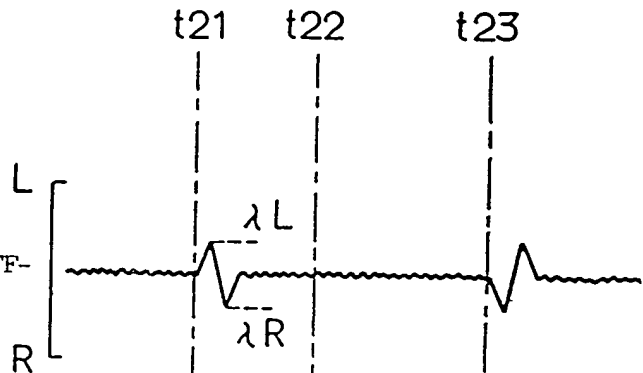


FIG. 24B

GROß
CAFDT
0

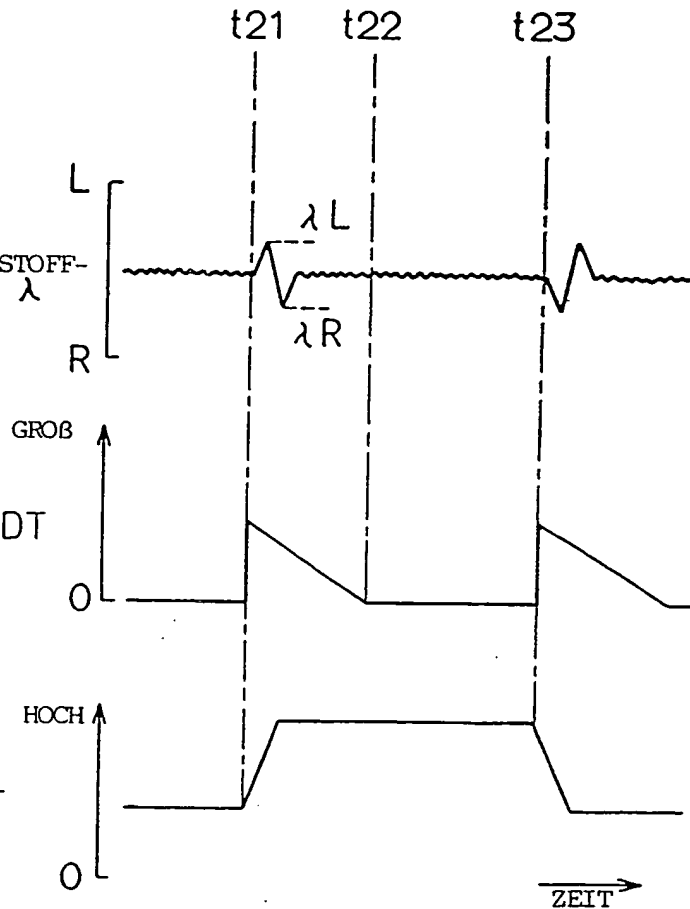


FIG. 24C

FAHRZEUG-
GESCHW.

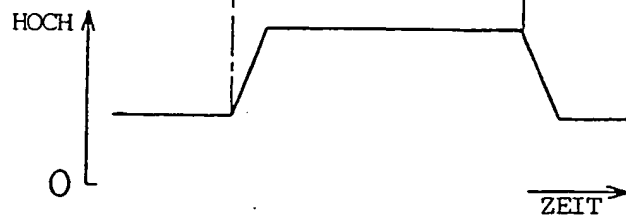


FIG. 25

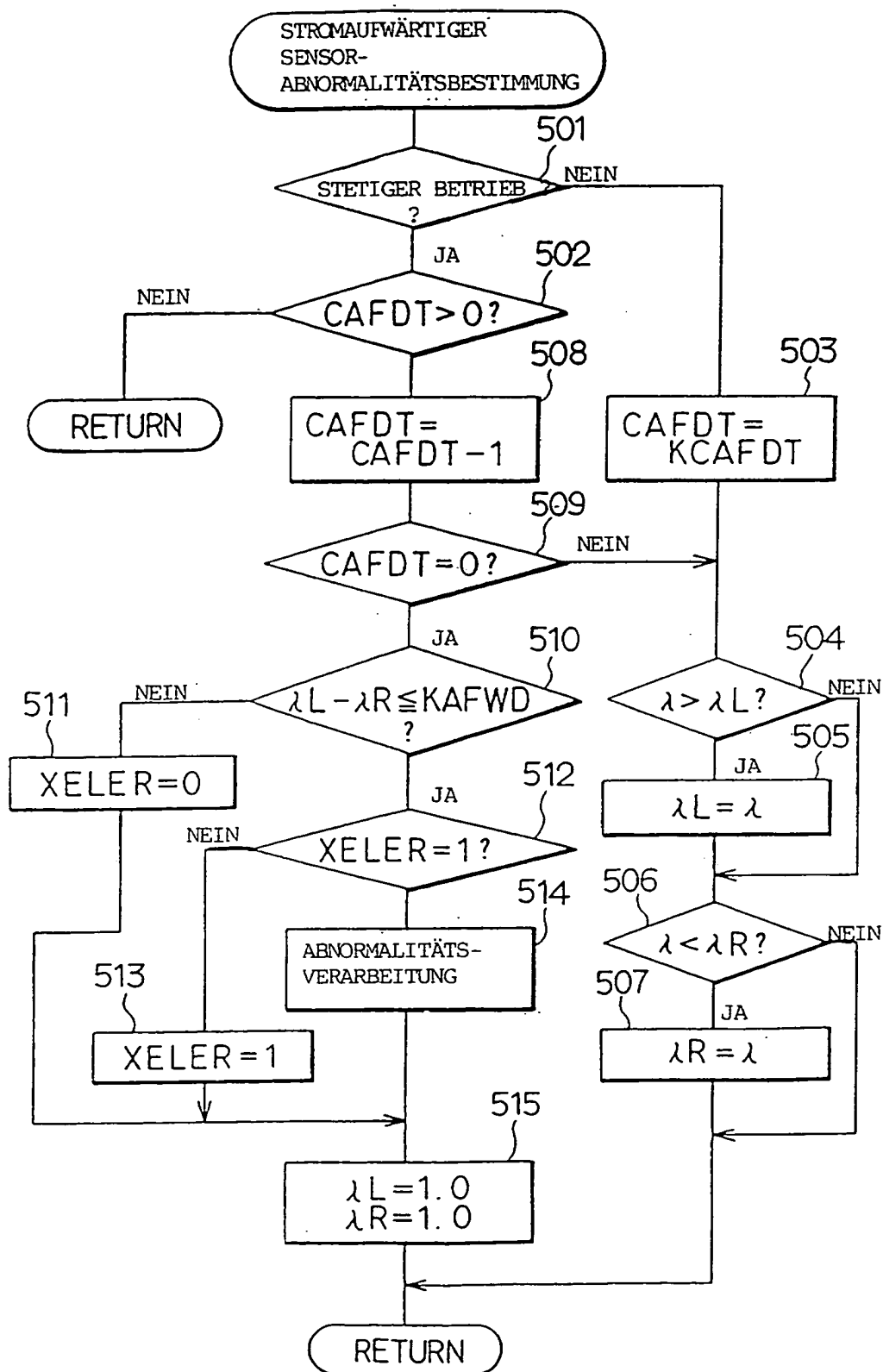


FIG. 26

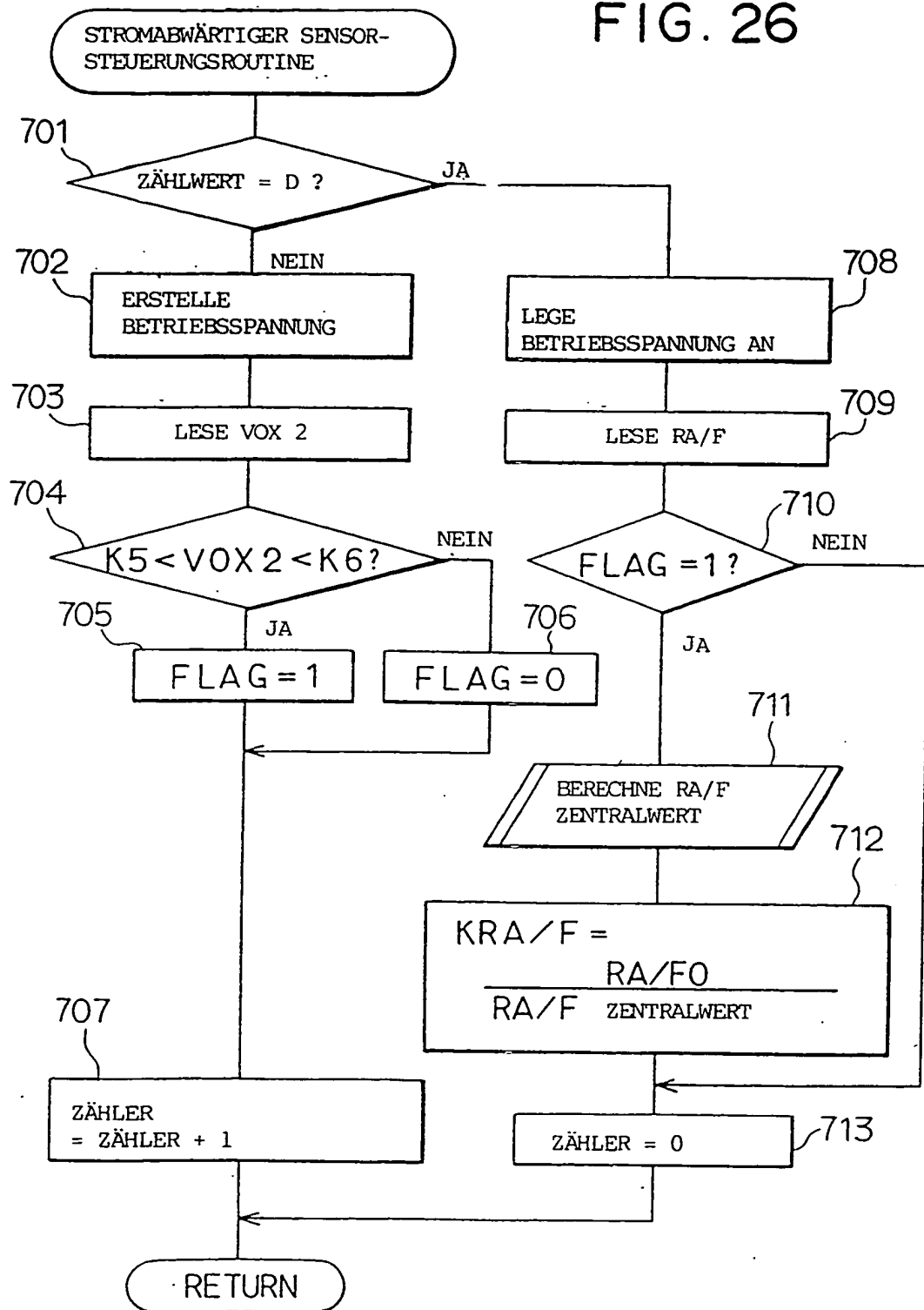


FIG. 27

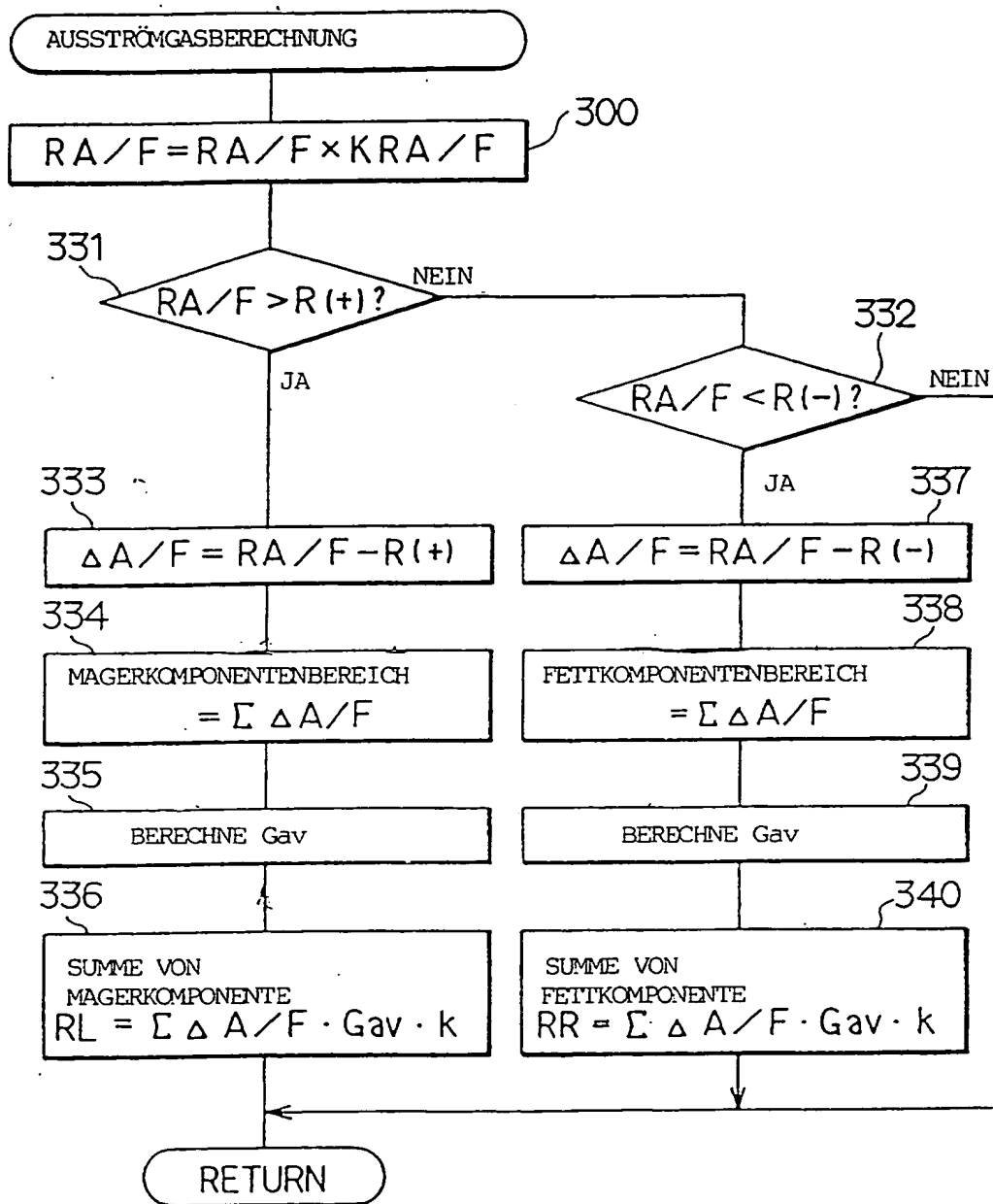


FIG. 28

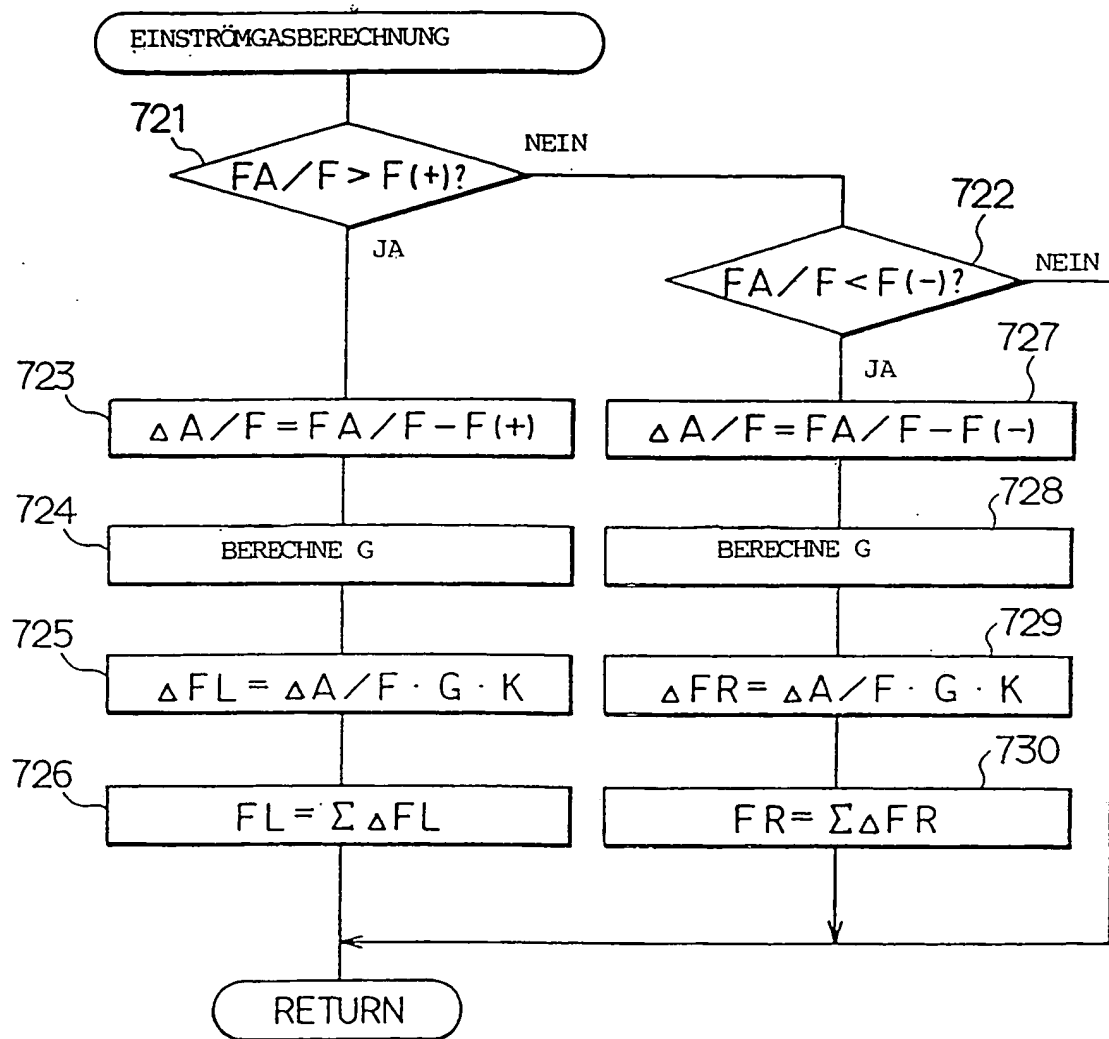
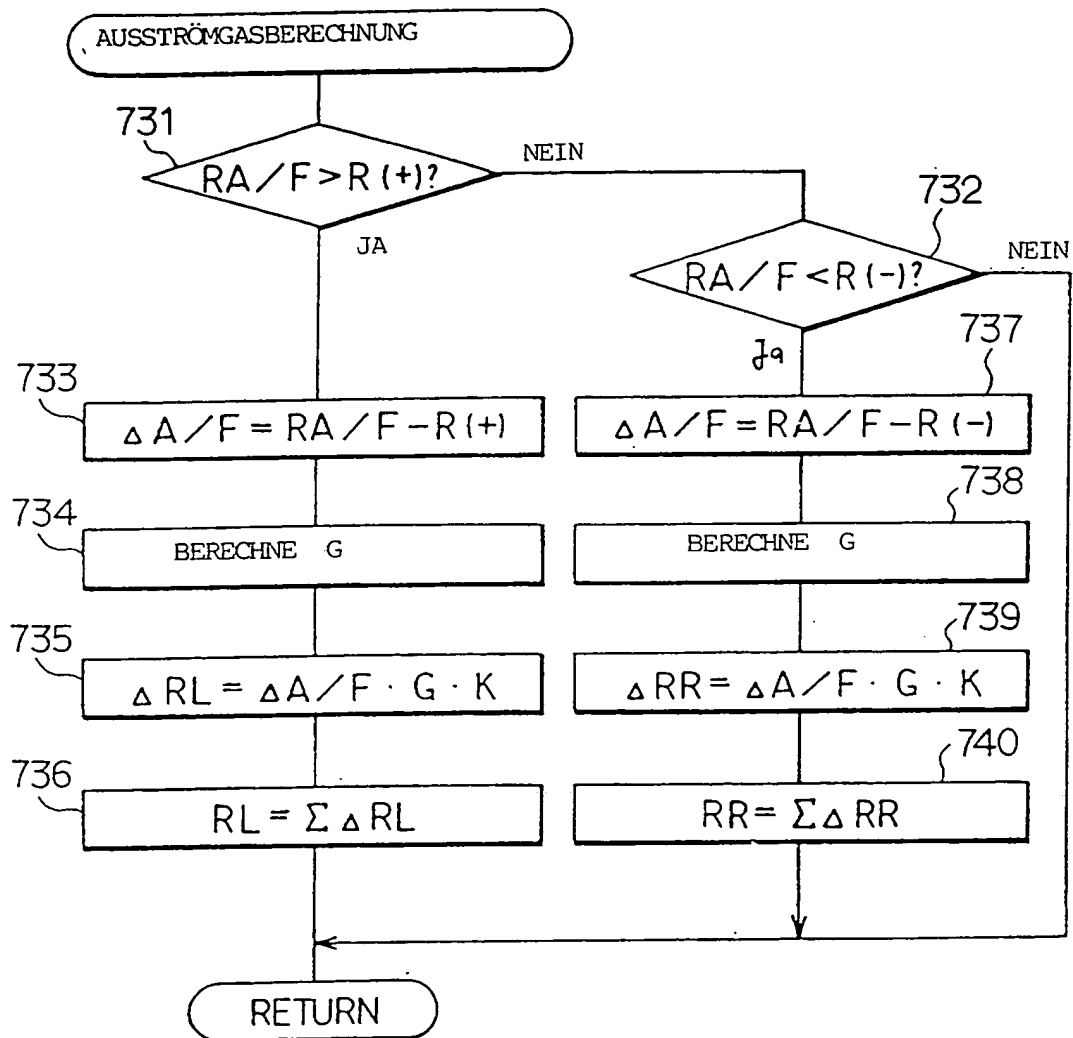


FIG. 29



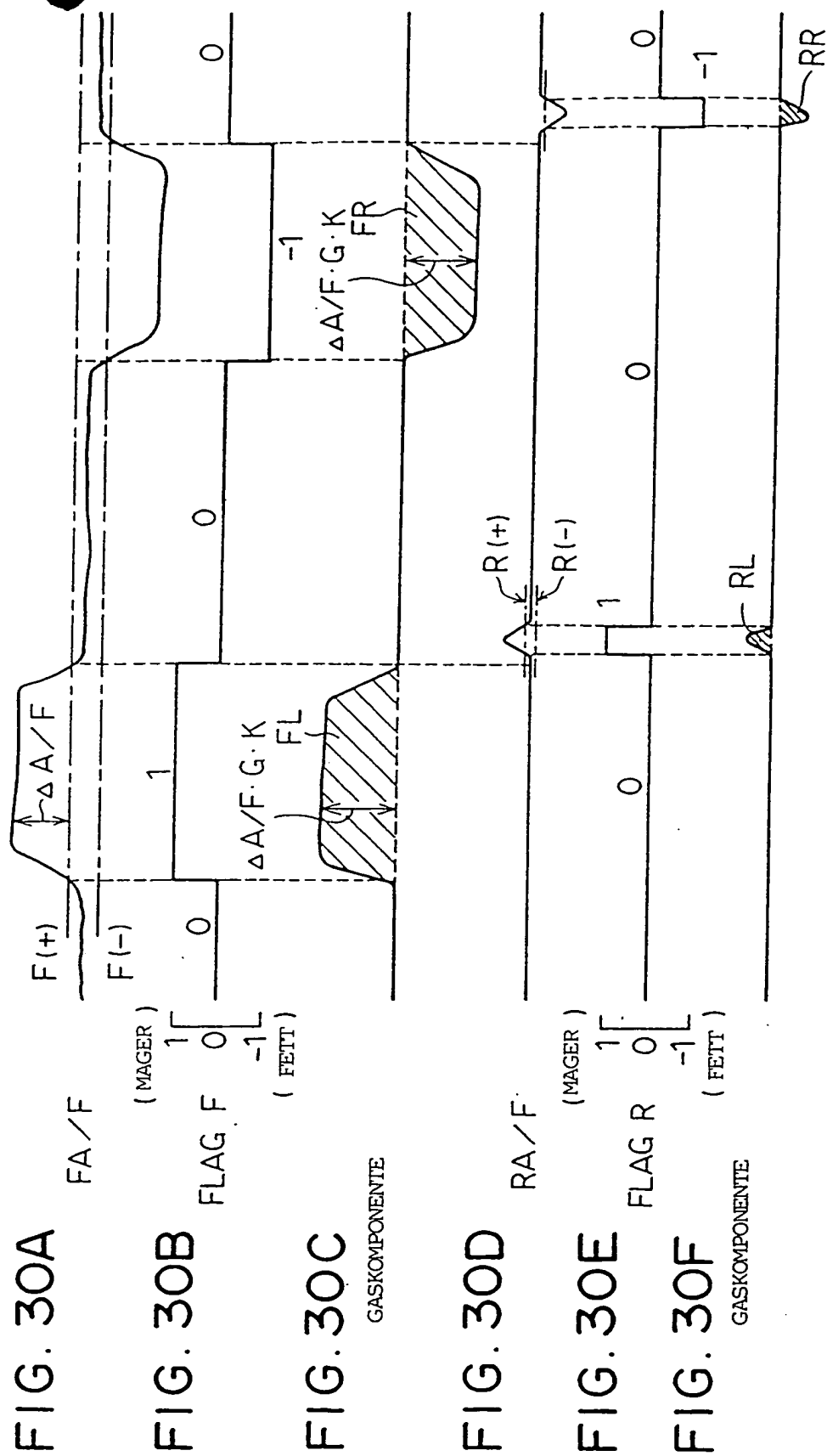


FIG. 31

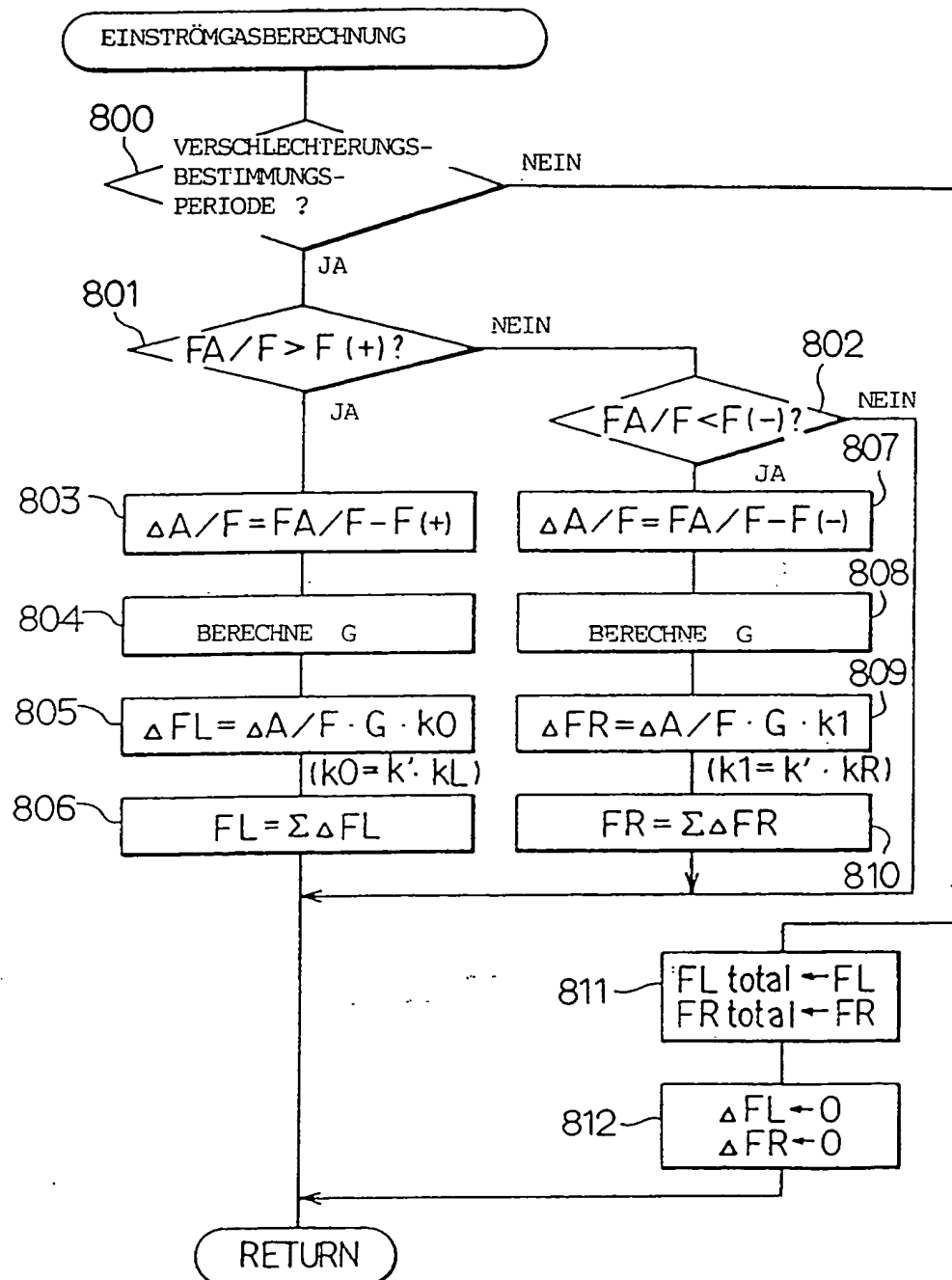


FIG. 32

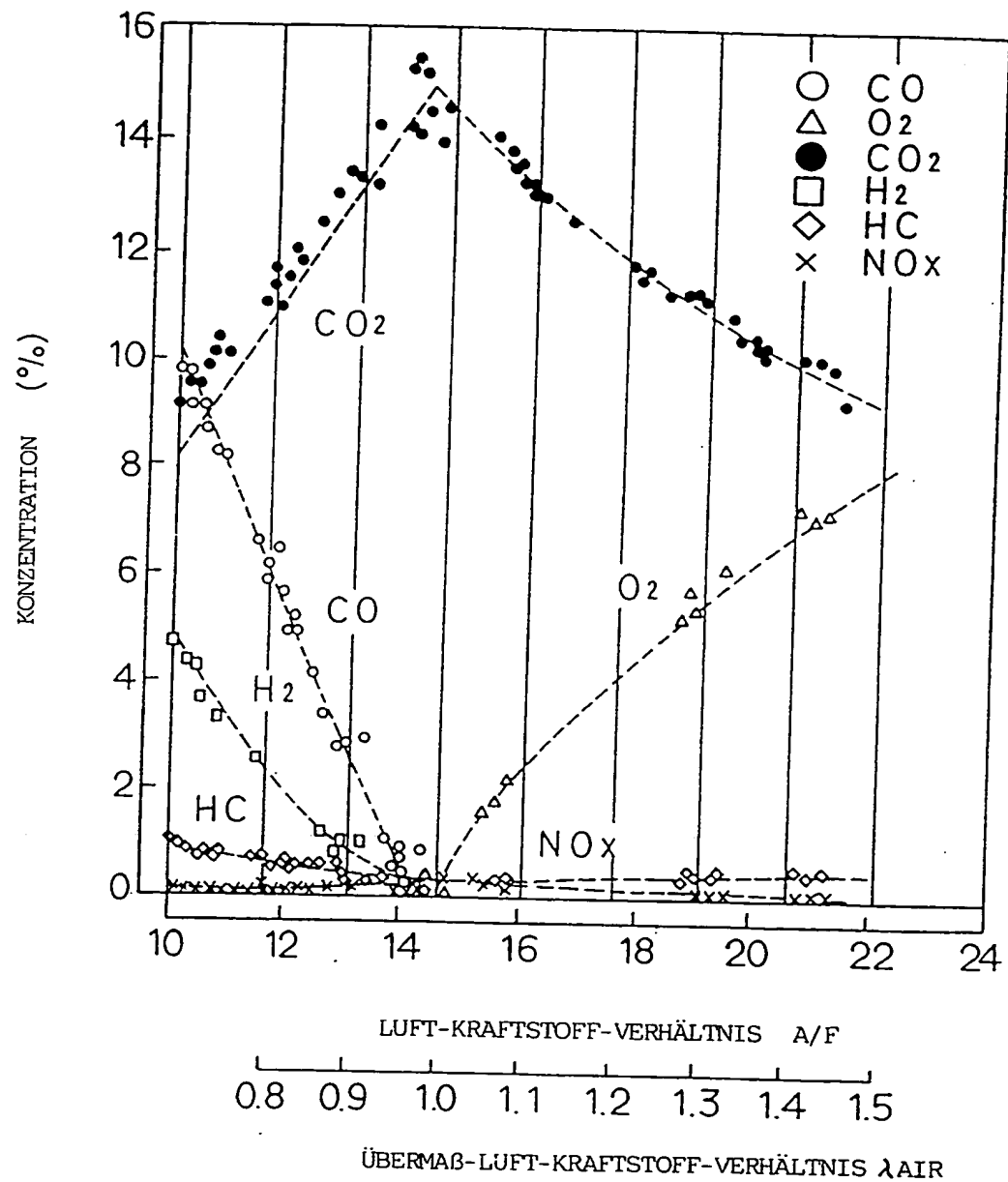


FIG. 33

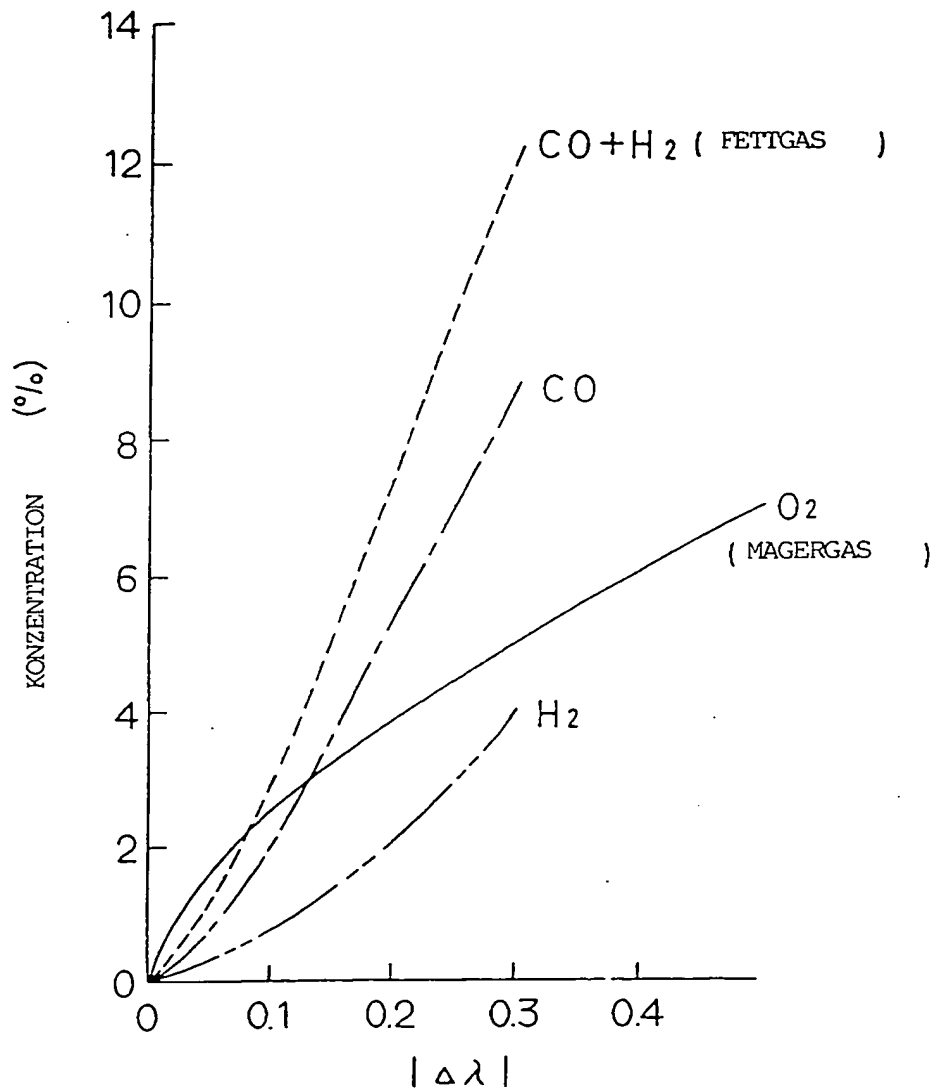


FIG. 34

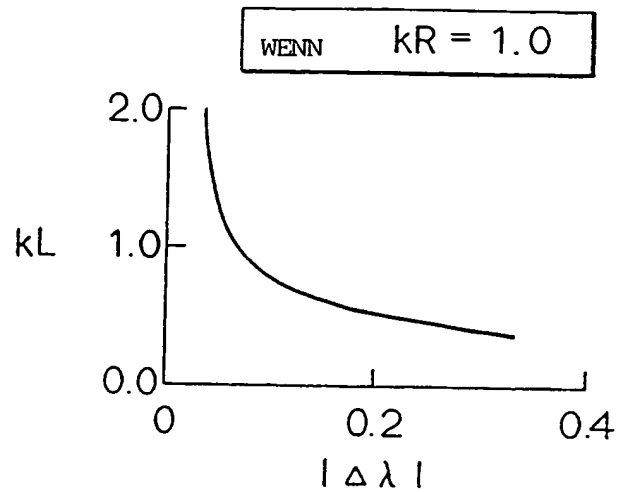


FIG. 35

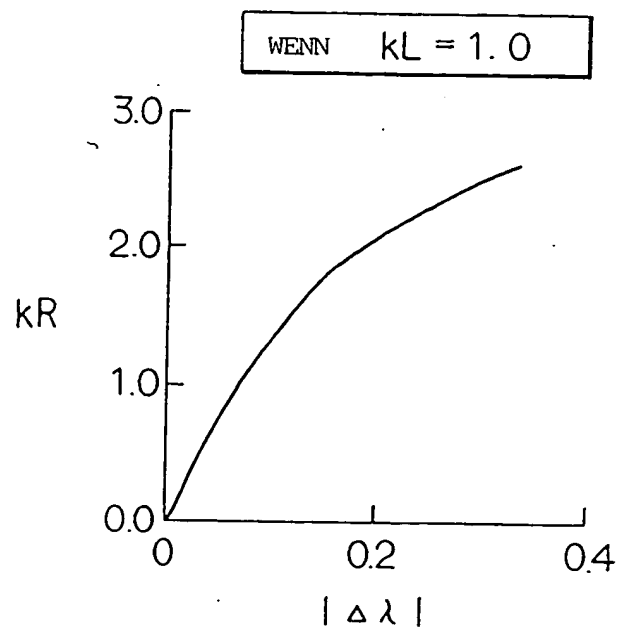


FIG. 36

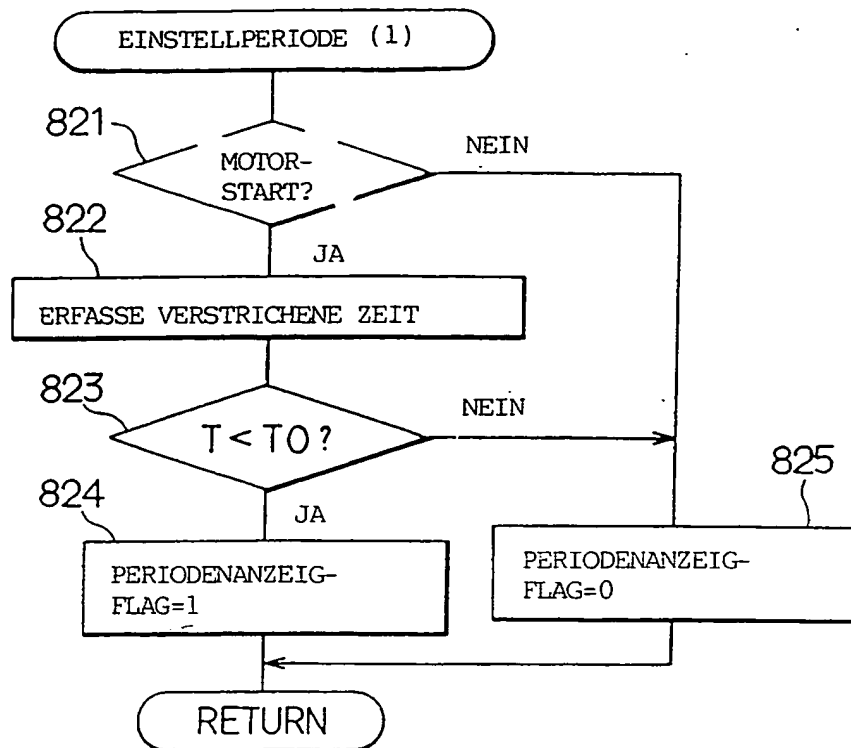


FIG. 37

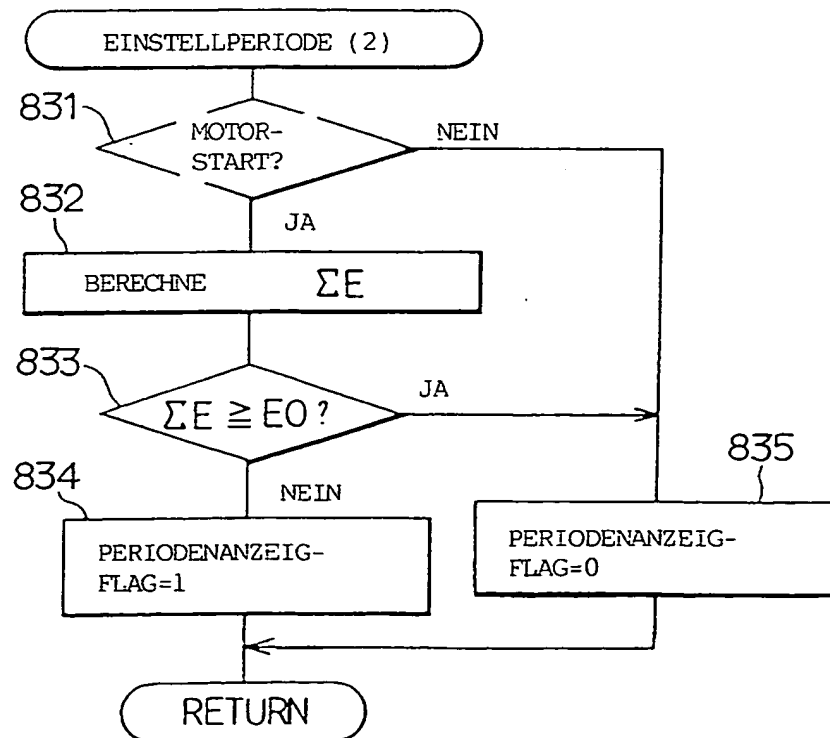


FIG. 38

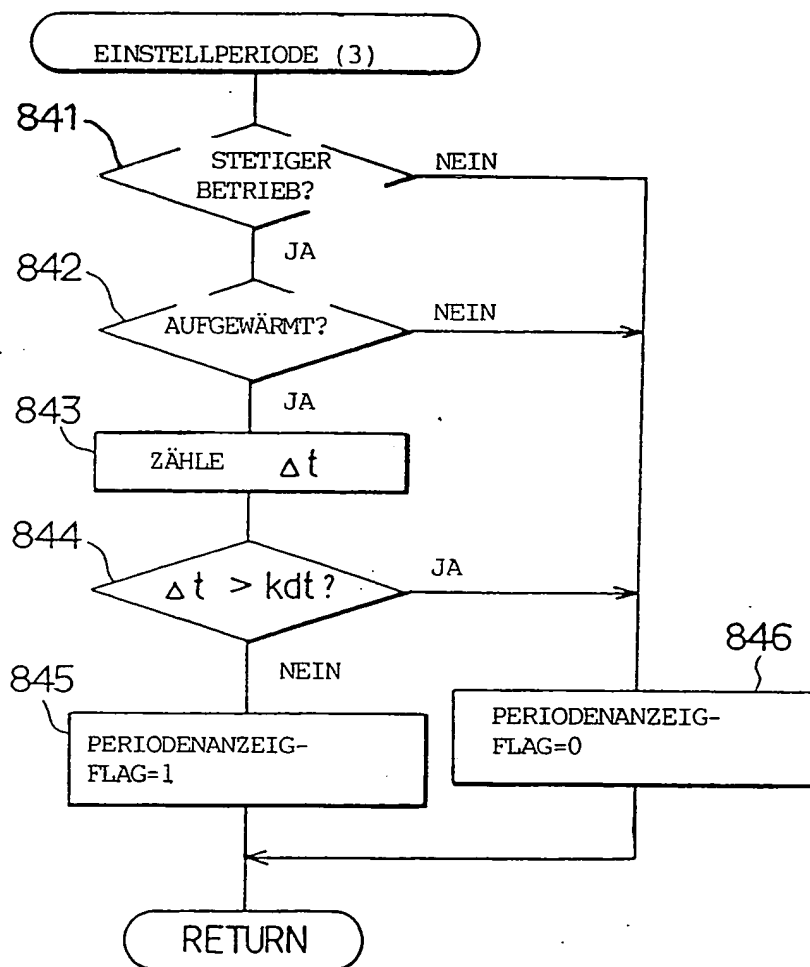
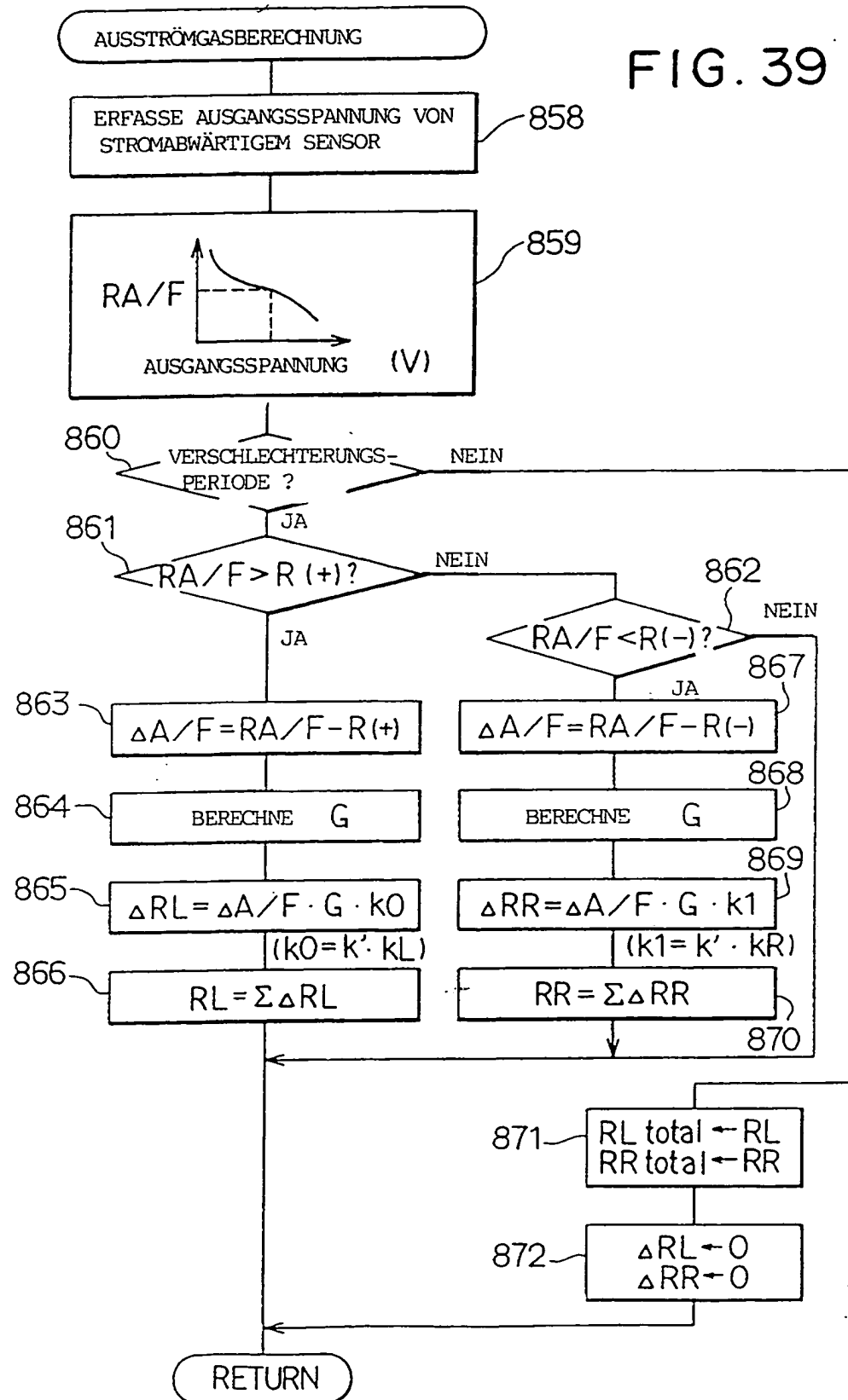


FIG. 39



LUFT-KRAFTSTOFF-VERHÄLTNIS RA/F

FIG. 40

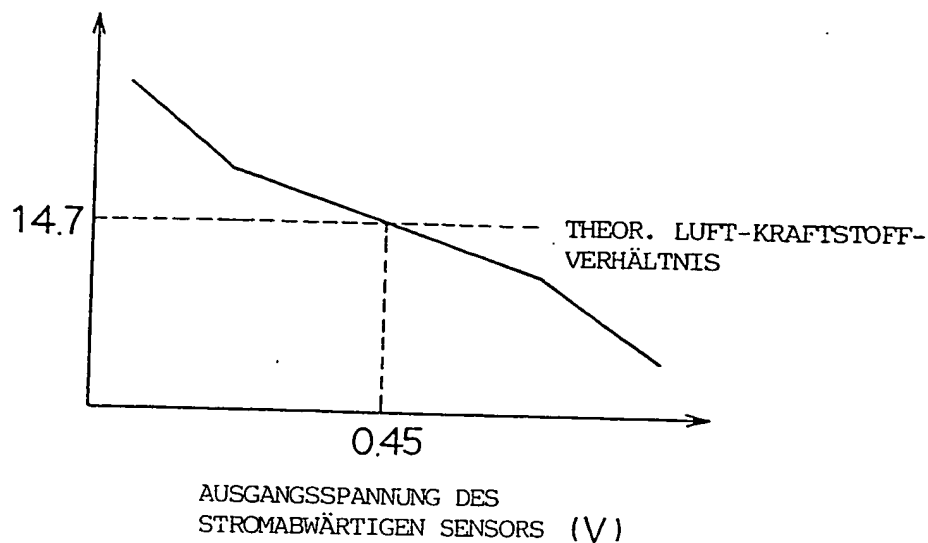


FIG. 41

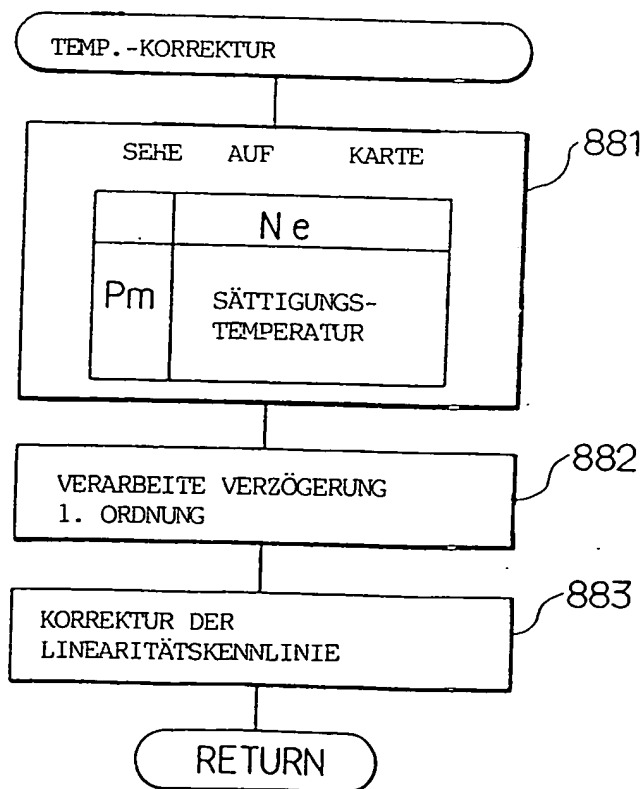


FIG. 42

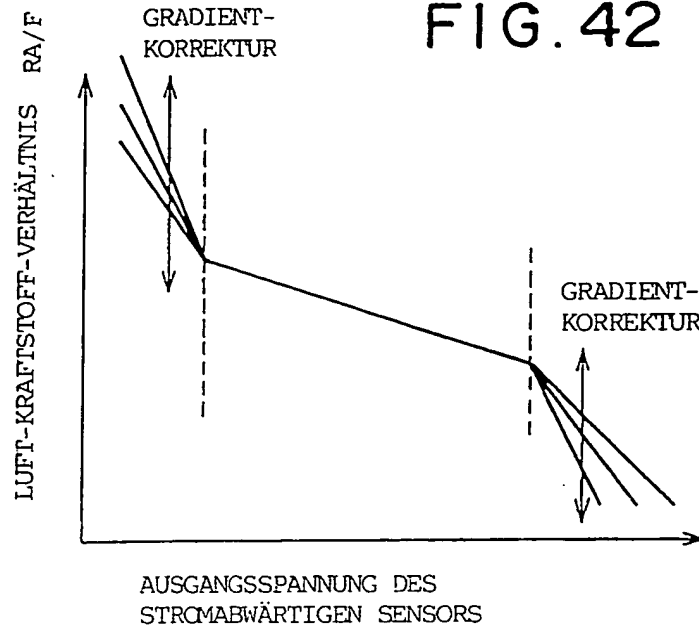


FIG. 43

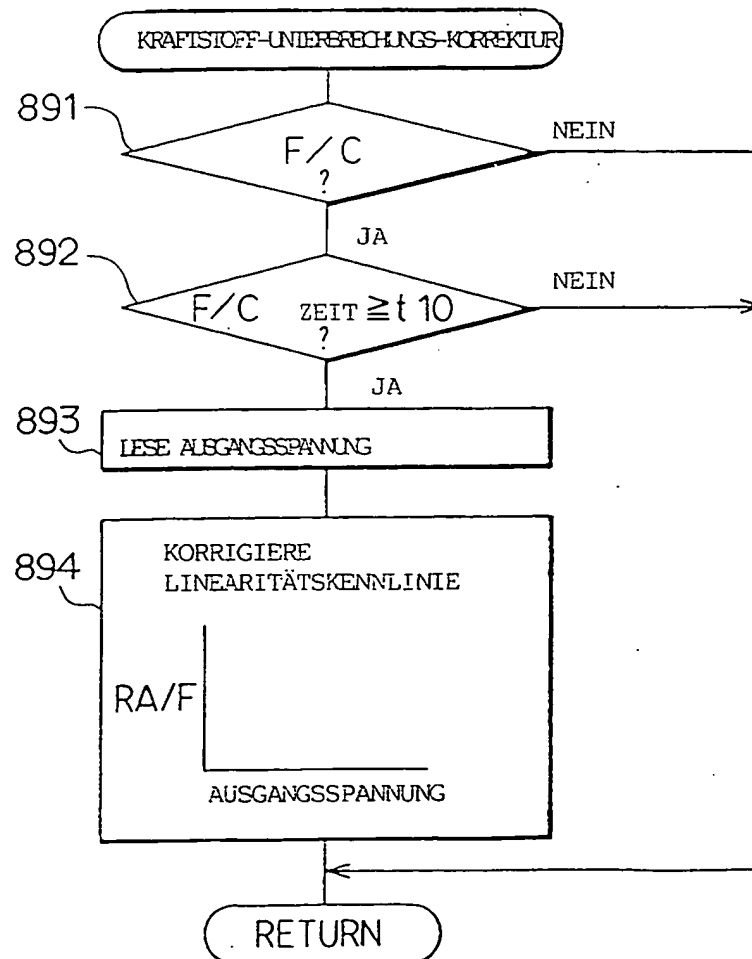


FIG. 44

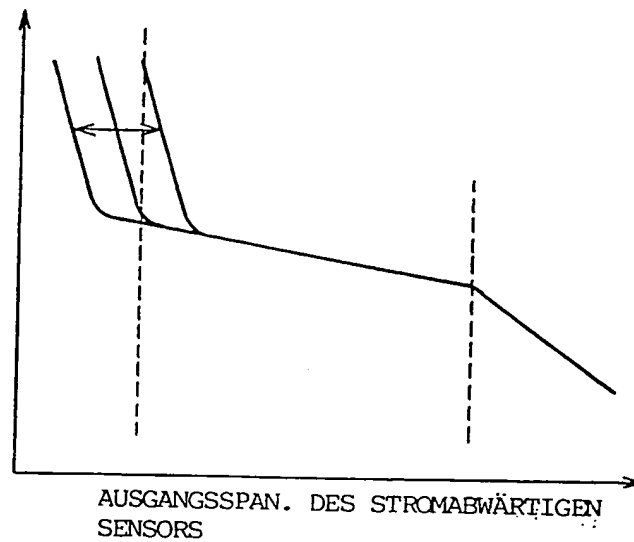


FIG. 45

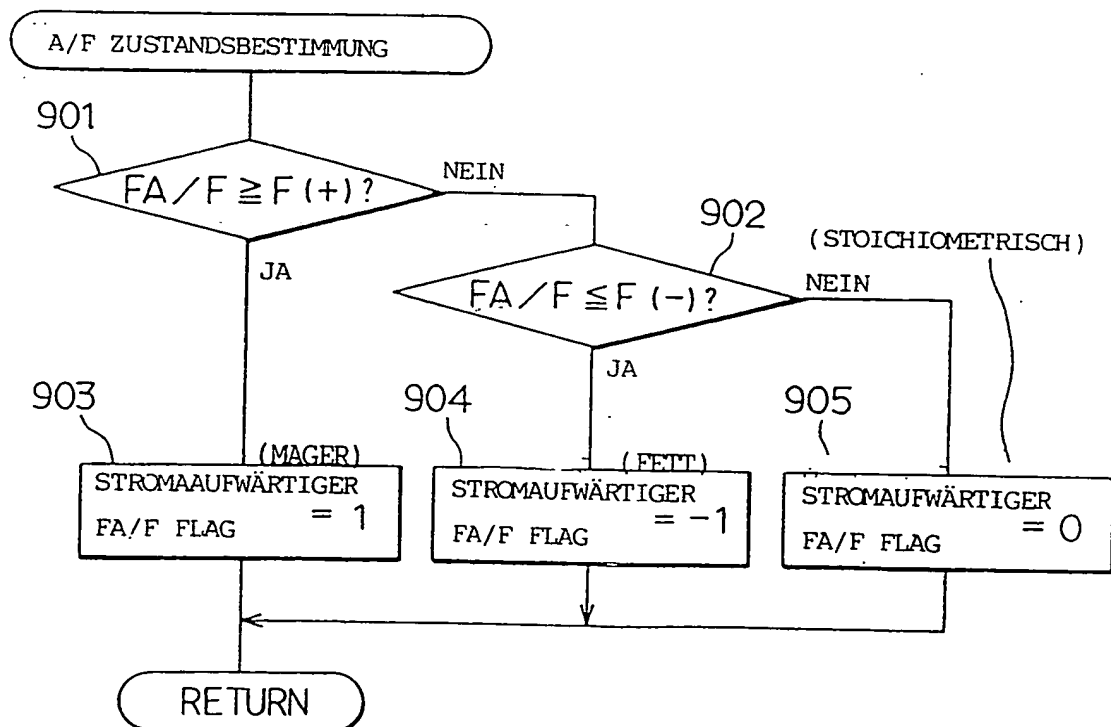


FIG. 46

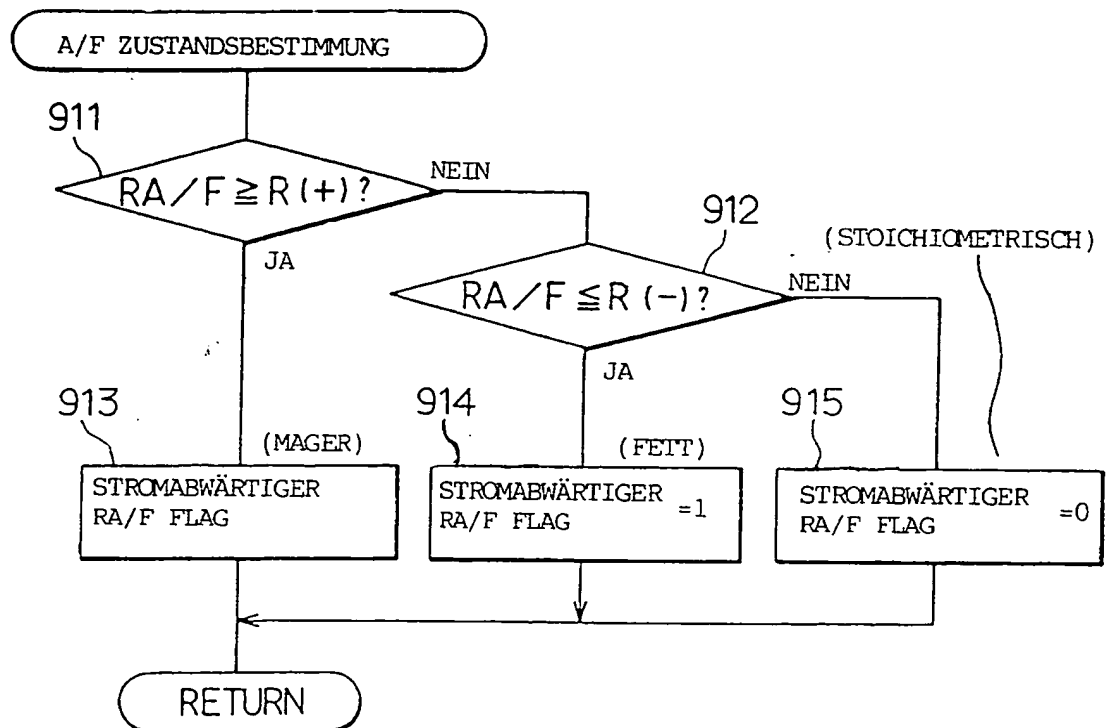


FIG. 47

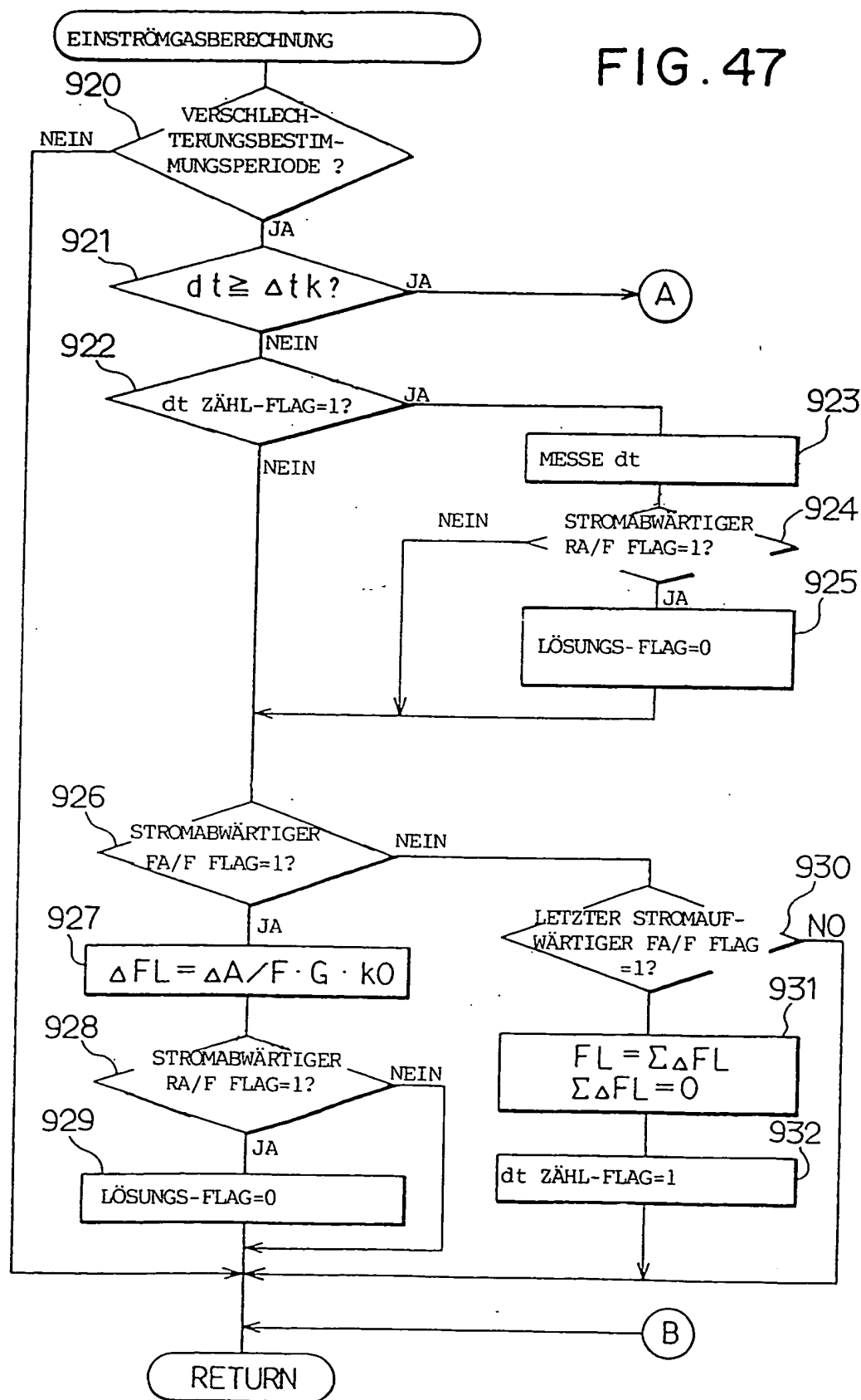
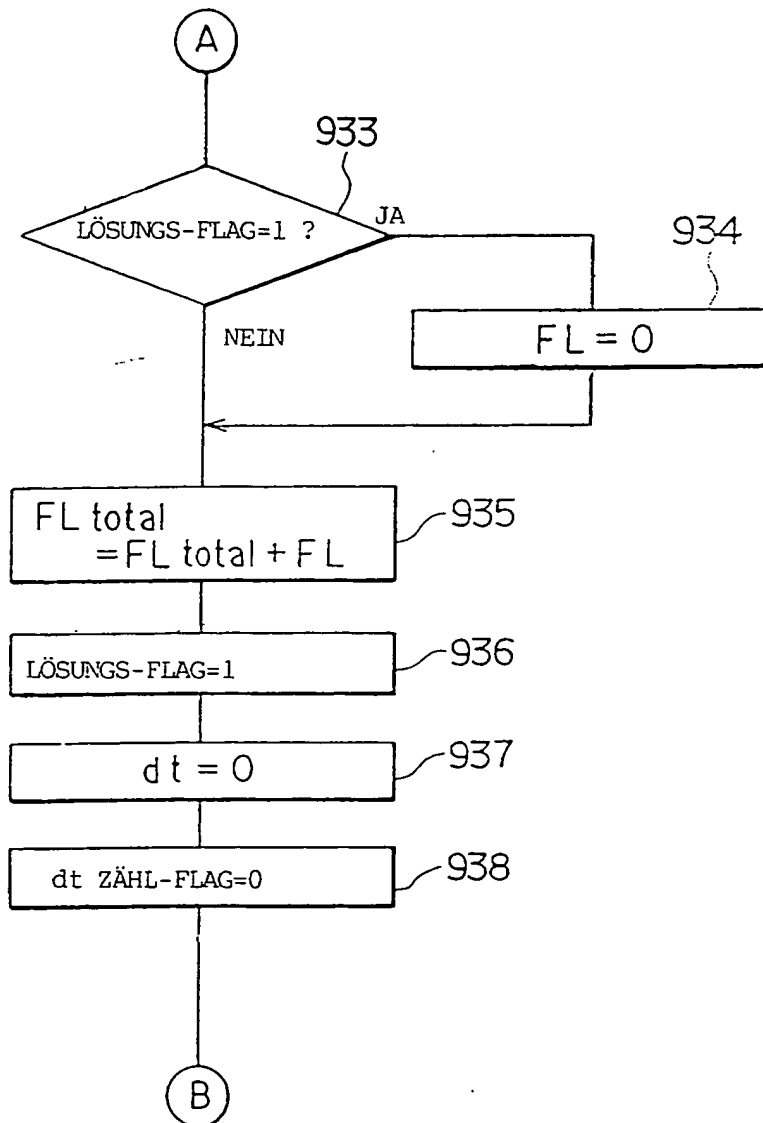


FIG. 48



VERSCHLECHTERUNGS-
BESTIMMUNGS-
PERIODE

FIG. 49A

STROMAUFWÄRTIGES
LUFTKRAFTSTOFF-
VERHÄLTNIS

F(+)

F(-)

FIG. 49B

(MAGER)

FLAG

1

0

-1

(FETT)

FL

FIG. 49C

TOTAL-EINSTÖMMENGE

FR

FIG. 49D

R(+)

STROMABWÄRTIGES
LUFTKRAFTSTOFF-
VERHÄLTNIS

R(-)

FIG. 49E

(MAGER)

FLAG

1

0

-1

(FETT)

RL

FIG. 49F

TOTAL-AUSSTRÖMMENGE

RR

FIG. 50A

STROMAUF
FA/F

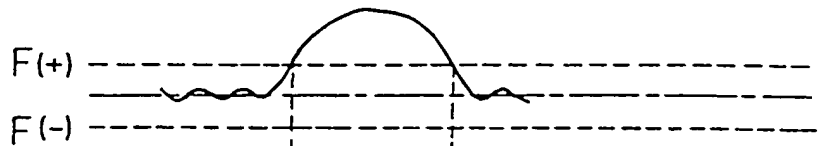


FIG. 50B

STROMAUF
FA/F FLAG

(MAGER)

1
0
-1

(FETT)

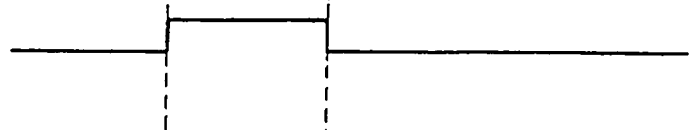


FIG. 50C

MAGERKOMONENTEN-
MENGE

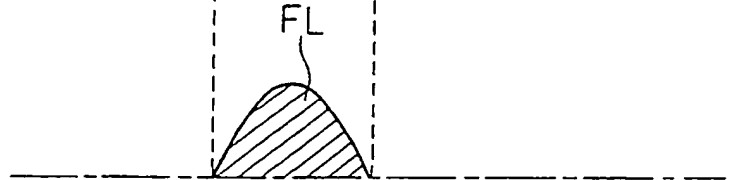


FIG. 50D

STROMAB
RA/F

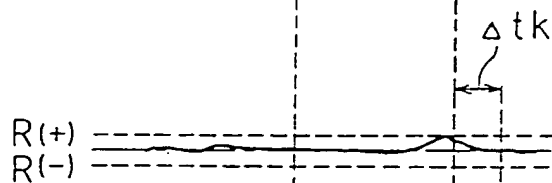


FIG. 50E

STROMAB
RA/F FLAG

(MAGER)

1
0
-1

(FETT)

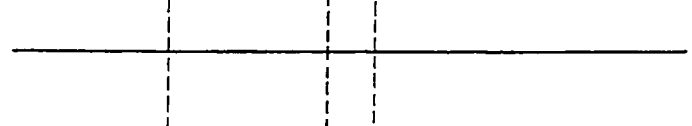


FIG. 50F

dt ZÄHL-FLAG

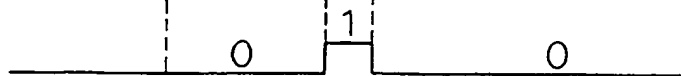


FIG. 51

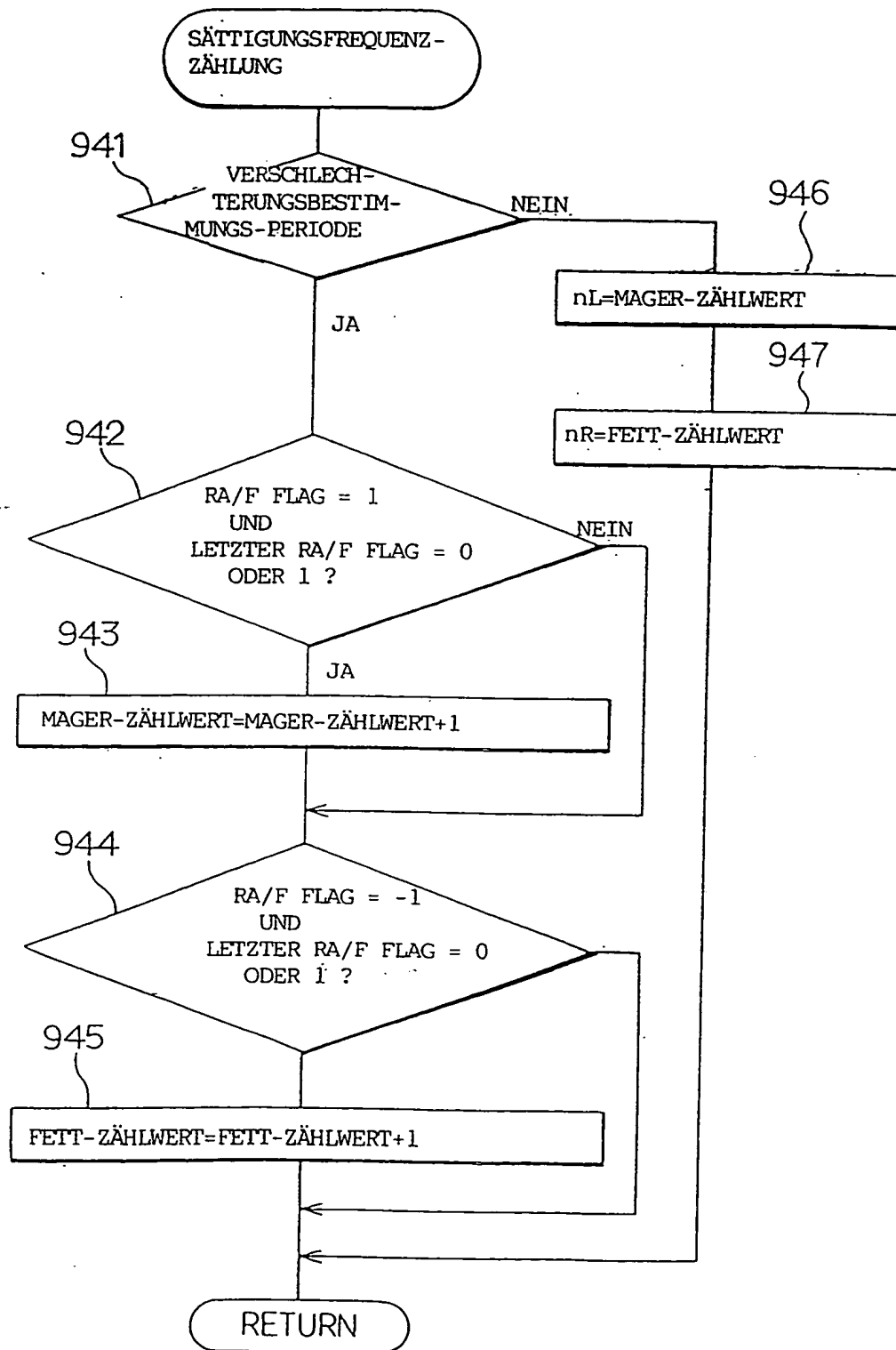


FIG. 52

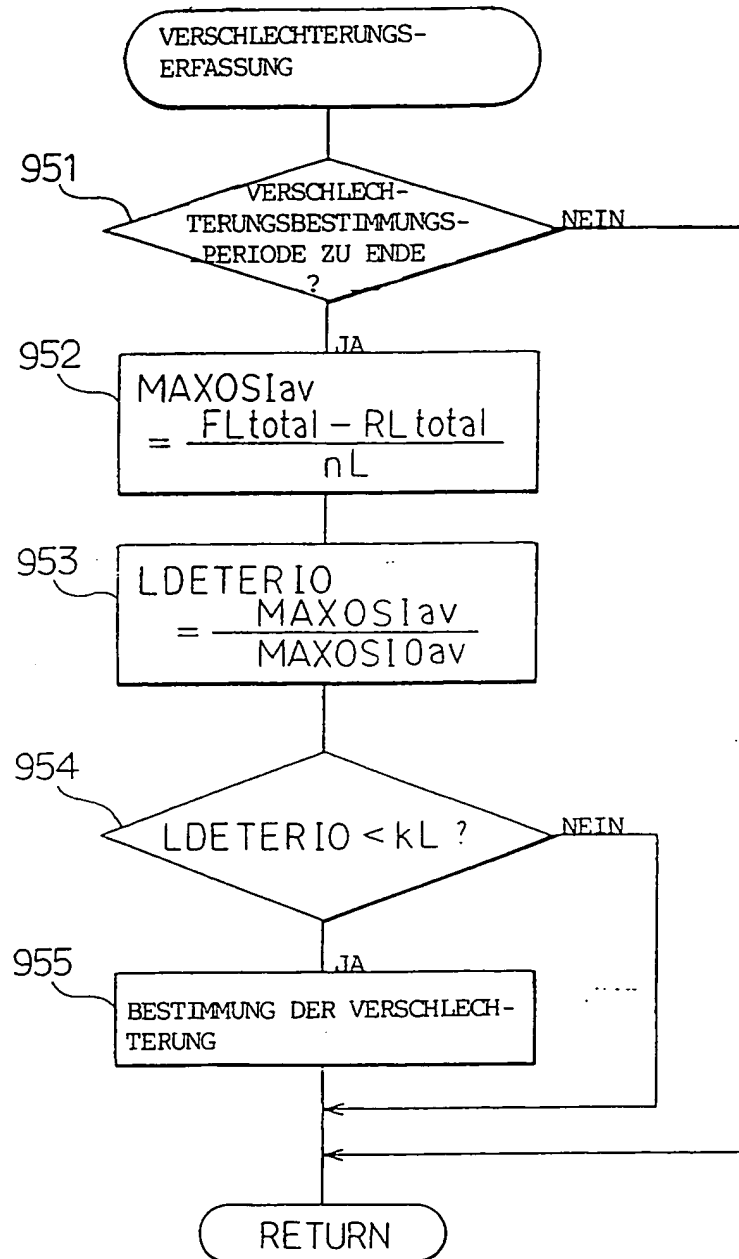


FIG. 53

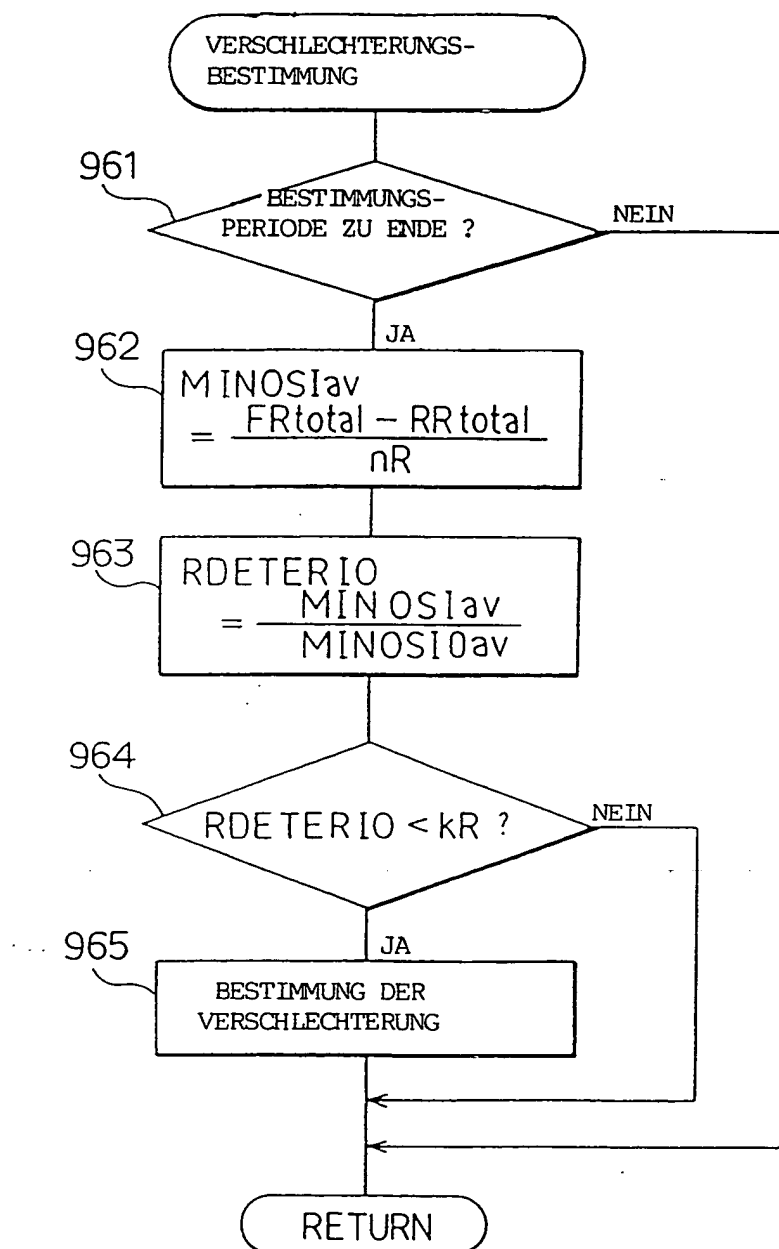


FIG. 54

